DER TECHNISCHE FORTSCHRITT

Begriff und Grundprobleme seiner Messung in der Nationalökonomie heute

Johann Walter Schmid

1969

DER TECHNISCHE FORTSCHRITT

Begriff und Grundprobleme seiner Messung in der Nationalökonomie heute

---

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
einer Hohen Staatswirtschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
in München

vorgelegt von
Johann Walter Schmid
Diplom-Volkswirt
1967

Referent: Professor Dr. Werner Mahr
Korreferent: Professor Dr. Bernhard Pfister
Tag der mündlichen Prüfung: 18. Dezember 1967

Dem Lehrer
Professor Werner Mahr

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Inhaltsverzeichnis

Seit

A Begriff

I. Einschliessende Begriffsbestimmungen 3

1. Darstellung 3
2. Kritik 12
1. Verschiebung der Produktionsfunktion 12
1. Potentieller - realisierter technischer Fortschritt 16
2. Limitationale Produktionsfunktionen 24
3. Qualitätsveränderung der Produktionsfaktoren 27
Exkurs I 34
2. Neue Produkte 36
Exkurs II 4o
3. Ergebnis 42

II. Klassifikationen 44

1. Neutral - arbeits- - kapitalsparend 45
2. Produktionserhöhend - faktorsparend 51
3. Autonom - induziert 53
4. Embodied - disembodied 56

III. Verwandte und als ausschliessend betrachtete Begriffe 59

1. Substitution 59
2. Returns to scale 69
3. Strukturveränderungen 73
4. Produktivität 77

Seite

Grundprobleme der Messung des technischen Fortschritts

I. Herrschende Meßkonzepte 81

II. Gegenüberstellung von Begriff und Meßkonzepten 88

1. Potentieller und realisierter technischer Fortschritt 88

2. Realisierter technischer Fortschritt und Produktivitätsveränderung 1o1

1. Substitution 1o1

2. Returns to scale 1o6

3. Strukturveränderungen 1o9

4. Auslastungsveränderungen 11o

3. Das Qualitätsproblem 113

1. Berücksichtigung der Qualitätsveränderung beim Input 114

1. Ertragsmethode 117

2. Kostenmethode 119

2. Berücksichtigung der Qualitätsveränderung beim Output 122

III. Die Aussagekraft von Berechnungen des technischen Fortschritts (verdeutlicht an einem Beispiel für die verarbeitende Industrie in der Bundesrepublik Deutschland) 125

Gesamtergebnis 129

****

Statistischer Anhang zu Tabelle 18 131

Literaturverzeichnis 137

Ehrenwörtliche Erklärung 146

Lebenslauf 147

"Earlier economists studied the world
and knew it was round.
Only their maps were flat.
Too many later economists studied the maps
and mistook them for the world."[1)]

---

1) J. Schmookler, Technological Change and Economic Theory, in: American Economic Review, Vol. 55, 1965, S. 335.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546019_0025

DER TECHNISCHE FORTSCHRITT

Begriff und Grundprobleme seiner Messung in der Nationalökonomie heute.

Das Thema unserer Arbeit ist der rätselhafte dritte Produktionsfaktor[1], die etwas unglückliche Sammelbezeichnung[2], das Mischmasch von Vermutungen[3] oder schlicht, das Rätsel[4]. Diese Umschreibungen verraten zumindest eines: "Technical progress is difficult to discuss in precise language"[5].

Die Schwierigkeit liegt darin, daß der technische Fortschritt in der Gleichgewichtstheorie keinen rechten Platz findet[6]. Diese Theorie behandelt die Anpassungsvorgänge an Störungen, eine Störung selbst, wie der technische Fortschritt, bleibt letztlich unerklärt.

---

1) D. Lorenz, Über einige Beziehungen zwischen technischem Fortschritt, Aussenhandel und Wachstum, in: Schmollers Jahrbuch 86, 1966, Seite 258.

2) H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, in: Zeitschrift für Nationalökonomie, Band 25, 1965, S. 57;
ähnlich G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, in: Konjunkturpolitik, 1959, S. 34o.

3) G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Köln, 1966, S. 42.

4) J. Niehans, Das ökonomische Problem des technischen Fortschritts, in: Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, Jahrgang 9o, 1954, S. 145.

5) J. Robinson, The Rate of Interest and Other Essays, London, 1952, S. 36.

6) In diesem Sinne äussern sich u.A.:
H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, Köln, 1962, S. 59;
W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, Cambridge, 196o, S. 5;
J. Schmookler, Invention and Economic Growth, Cambridge, 1966, S. 3.

So werden viele Probleme in einem "theoretical vacuum"[1] diskutiert oder der Versuch unternommen, die Wirklichkeit der vorhandenen Theorie anzupassen[2]. "Yet the problem is not metaphysical", wie Robinson[3] trostreich meint.

Der Untertitel unserer Arbeit, B e g r i f f und Grundprobleme der M e s s u n g, schlägt eine Zweiteilung der Abhandlung vor. Diese Trennung verhindert, daß theoretische und rein erhebungstechnische Probleme miteinander vermengt werden[4].
Da unser Thema auf die Nationalökonomie h e u t e abgestellt ist, dürfen wir auf die historische Kulisse verzichten. Allerdings bedeutet dies die Verpflichtung, die "mehr oder minder relevanten Stellen.....aus den Werken Platos und Ciceros"[5] durch den wirklich neuesten Stand der Forschung zu ersetzen.

---

1) W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 4;
J. Schmookler, Invention and Economic Growth, a.a.O., S. 3, spricht von der " t e r r a i n c o g n i t a of modern economics".

2) "The difficulty in economic dynamics has been that the tools have suggested the assumptions rather than the other way around".
T.C. Koopmans, Three Essays on the State of Economic Science, New York, 1957, S. 182, zitiert bei J. Schmookler, Technological Change and Economic Theory, a.a.O., S. 337.

3) J. Robinson, The Rate of Interest and Other Essays, a.a.O., S. 36.

4) "The danger of the information system controlling the questions instead of vice versa is to be taken seriously".
K.E. Boulding, Some Difficulties in the Concept of Economic Input, in: Studies in Income and Wealth, Vol.25, 1961, S. 34o.

5) G. Reuß, Produktivitätsanalyse, Tübingen, 196o, S. 12. Reuß bringt einen sehr informativen historischen Abriß.

A Begriff

Die Behandlung des technischen Fortschritts in der Literatur ist Ausdruck der angeführten Schwierigkeiten. Die Frage, "was ist der technische Fortschritt?", steht nicht so sehr im Vordergrund der Auseinandersetzung. Viel wichtiger erscheint die Diskussion darüber, was der technische Fortschritt n i c h t ist und wie man seine W i r k u n g e n k l a s s i f i z i e r e n könnte. So ist es möglich, mit dem vorhandenen theoretischen Instrumentarium zu arbeiten, ohne das Eingeständnis der schwachen Ausgangsposition allzu deutlich werden zu lassen. Die Gliederung unserer Arbeit hat sich an diesem Vorgehen in der Literatur orientiert.

I. Einschliessende Begriffsbestimmungen

I. 1. Darstellung

Bevor wir Gefahr laufen, in der Vielzahl sich widerstreitender Formulierungen den Faden zu verlieren, wollen wir bereits an dieser Stelle den Gesichtskreis abstecken, in dem sich der Begriff "technischer Fortschritt" in der Nationalökonomie bewegt. Der technische Fortschritt ist nach allgemein anerkannter Ansicht ein n a t u r a l ö k o n o m i s c h e s Problem, er betrifft also die Auseinandersetzung des Menschen mit der Natur[1].

---

[1] E. Preiser, Der Kapitalbegriff in der neueren Theorie, in: Bildung und Verteilung des Volkseinkommens, Göttingen, 1957, S. 108;

A.E. Ott, Technischer Fortschritt, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 10, S. 303;

F. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, in: Zeitschrift für Nationalökonomie, Band 25, 1965, S. 55.

Diese Charakterisierung des technischen Fortschritts will eine exakte Begriffsbestimmung nicht vorwegnehmen, sie soll lediglich den Rahmen für die nun folgende Diskussion bilden.

Wir stehen zunächst vor einer grösseren Anzahl unterschiedlich formulierter Definitionen, und es drängt sich der Versuch auf, "alle vorhandenen Definitionen zu tabellieren, aus ihnen die Grundelemente herauszudestillieren und aus diesen Bestandteilen schliesslich einen synthetischen Begriff zu brauen"[1]. Bei dieser Fleissarbeit wird man nach geraumer Zeit bemerken, daß hinter unterschiedlichen Ausdrücken derselbe Inhalt steht, womit das von Reuß angeführte Verfahren wenig Erfolg verspricht. Trotzdem wollen wir die gebräuchlichsten Abgrenzungen darstellen, um so eine breite Diskussionsgrundlage zu schaffen. Die Definitionen bei Bombach, Solow und Ott bilden den Ausgangspunkt unserer Analyse.

Bombach[2] schreibt: "Wir wollen von technischem Fortschritt sprechen, wenn mit der gleichen Menge Arbeit und Realkapital ein höherer Ertrag erzielt werden kann oder, was gleichbedeutend ist, wenn der gleiche Ertrag mit weniger Arbeit und weniger Realkapital erstellt werden kann."

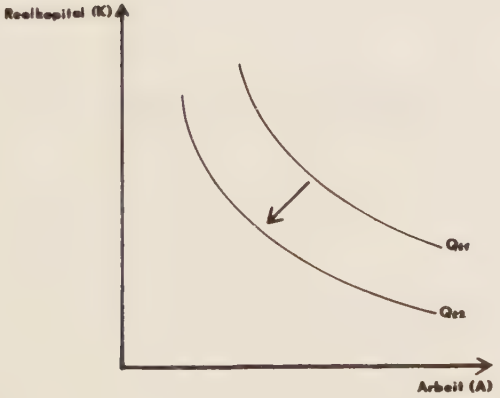
---

1) G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 4.

2) G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, Sonderdruck aus Schriften des Vereins für Sozialpolitik, Neue Folge, Band 15, Berlin, 1959, S. 181. Auf die Hervorhebung des Wortes "und" bei Bombach haben wir verzichtet. Hiermit wollte Bombach auf die Substitution von Arbeit und Kapital anspielen.
Analoge Ausführungen macht Bombach in seinem Artikel, Wirtschaftswachstum, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 12, Göttingen, 1965, insbesondere S. 773.

"Technischer Fortschritt bedeutet im Sinne unserer Darstellung eine Verschiebung der Isoquante in Richtung des Ursprunges"[1].

Darstellung 1



Erklärung: A = Arbeit (z.B. Anzahl der Arbeitsstunden)
K = Realkapital (z.B. Anzahl der Maschinen)
Q_{t_1}/Q_{t_2} = Isoquanten zum Zeitpunkt vor (t_1) und nach (t_2) dem technischen Fortschritt.

---

1) G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 225; seine Darstellung ist etwas umfangreicher, weil er gleichzeitig den technischen Fortschritt von der Substitution abgrenzen will. Anstelle seines Symbols E (Isoquante) haben wir das Symbol Q gewählt. Bombachs alternative Formulierung, gleicher Input bei erhöhtem Output, lässt sich nicht anschaulich darstellen.

Solow[1] geht von folgender Gleichung aus:

$$Q = F(K, A, t),$$

wobei die Grössen Q (Output), K (Kapital) und A (Arbeit) in "physical units" zu verstehen sind.
"The variable t for time appears in F to allow for technical change. It will be seen that I am using the phrase 'technical change' as a shorthand expression for a n y k i n d o f s h i f t in the production function."

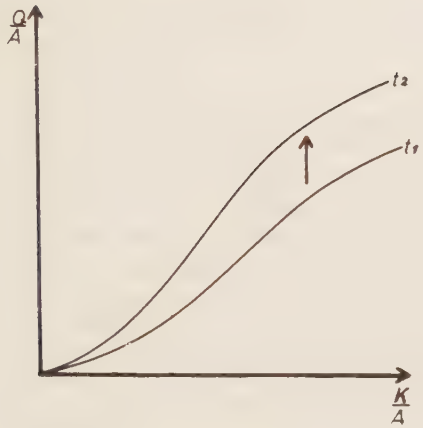
Diese Formulierung übersetzt Solow in seine bekannte Darstellung[2].

---

1) R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, in: The Review of Economics and Statistics, 1957, S. 312.
Anstelle des Symbols L (Arbeit) haben wir unsere bisherige Grösse A verwendet.

2) R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 313; Solows Darstellung ist etwas umfangreicher, da er wie Bombach neben dem technischen Fortschritt auf die Substitution eingeht. Mit der Bildung der Relationen Q : A bzw. K : A an beiden Achsen scheint Solow geschickt die dreidimensionale Darstellung (Ertragsgebirge) zu umgehen. Eine Multiplikation beider Koordinatenachsen mit A zeigt jedoch, daß A aus der Produktionsfunktion verschwindet. Darstellung 2 zeigt also im Grunde nur die Beziehung zwischen K und Q bei Konstanz des Faktors A. Dies ist jedoch ein rein darstellerisches Problem, das weiter nicht interessiert.

Darstellung 2



Erklärung: A = Arbeit (z.B. Anzahl der Arbeitsstunden)
K = Realkapital (z.B. Anzahl der Maschinen)
Q = realer Ausstoß
t_1/t_2 = Produktionsfunktionen vor (t_1) und nach (t_2) dem technischen Fortschritt.

Definieren wir die Isoquanten als "Schnitt durch das Ertragsgebirge"[1], so wird die Identität der Definitionen von Bombach und Solow offensichtlich. Um mit Schumpeter[2] zu sprechen: "Readers versed in economic theory can easily translate the above (setting up of a new production function, der Verfasser) into the language of isoquants".

---

1) E. Gutenberg, die Produktion , 11. Auflage, Berlin, 1965, S. 3o2.
G. Lassmann, Die Produktionsfunktion und ihre Bedeutung für die betriebswirtschaftliche Kostentheorie, Köln, 1958, S. 4o.

2) J.A. Schumpeter, Business Cycles, Vol. 1, First Edition, London, 1939, S. 87.

Ott[1] definiert den technischen Fortschritt als:

" (1) die Schaffung neuer, d.h. bis zu der betreffenden Zeit unbekannter Produkte,

(2) den Übergang zu neuen Produktionsverfahren, die es gestatten, eine gegebene Menge von Produkten mit geringeren Kosten bzw. mit den gleichen Kosten eine grössere Produktmenge herzustellen."

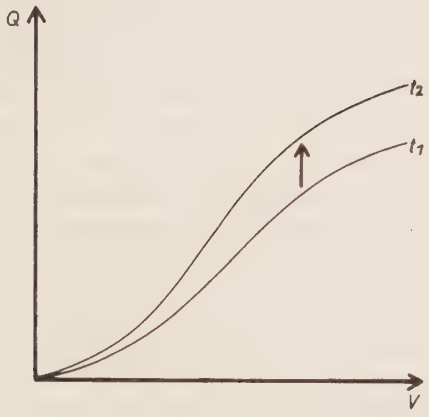
Er verdeutlicht seine Abgrenzung anhand einer Zeichnung, welche ähnlich aussieht, wie die bei Solow[2].

---

1) A.E. Ott, Technischer Fortschritt, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 1o, Seite 3o2.

2) Wir verwenden teilweise unsere bisherigen Bezeichnungen. Der Begriffsinhalt entspricht Otts Symbolen. Beim Kapital spricht Ott teils von "Kapitalmenge" (S. 3o5) teils vom "Wert des Kapitalstocks" (S. 3o7). Da Ott ausdrücklich eine reale Betrachtung anstrebt, haben wir unsere Grösse K beibehalten.

Darstellung 3



Erklärung: V = reale Gesamtkosten der Produktion;
(A · P_A + K · P_K)

A = Arbeit (z.B. Anzahl der Arbeitsstunden)

P_A= Preis (Lohnsatz) der Arbeit

K = Realkapital (Kapitalstock)

P_K= Preis (Zinssatz + Abschreibungssatz) des Kapitals

Q = realer Ausstoß

t_1/t_2 = Produktionsfunktion vor (t_1) und nach (t_2) dem technischen Fortschritt

Die Abgrenzung bei Ott scheint von der Definition bei Bombach und Solow abzuweichen.
Zunächst weist Ott auf die n e u e n P r o d u k t e als Erscheinungsform des technischen Fortschritts hin. Hieraus lässt sich jedoch kein Gegensatz zu Bombach und Solow konstruieren; Ott führt lediglich die neuen

Produkte e x p l i z i t e an[1].

Auch in Punkt 2 seiner Definition stimmt Ott mit Bombach und Solow überein. Der Begriff der "geringeren Kosten" bei Ott ist im Sinne von Bombachs "weniger Arbeit und Realkapital" zu interpretieren[2].
Ott benötigt in seiner Darstellung den Begriff der Kosten, weil sich verschiedene Produktionsfaktoren nicht direkt an e i n e r Achse abtragen lassen. Erst die Gewichtung der Faktormengen (A, K) mit ihren Preisen (P_A, P_K) ergibt den erforderlichen gemeinsamen Nenner (V).

---

1) Bei Bombach fanden wir einen Hinweis auf den "technischen Fortschritt der Erzeugnisse".
G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 334.

Bei Solow konnten wir auch in den späteren Arbeiten keinen Hinweis auf die neuen Produkte finden. Da jedoch die neuen Produkte allgemein als Erscheinungsform des technischen Fortschritts gelten (vgl. S. 37), ist anzunehmen, daß Solow eine kritische Einstellung zu diesem Tatbestand sicherlich zum Ausdruck gebracht hätte.

2) In diesem Sinne wird Ott auch von Walter verstanden.
H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 78.

Wie wir später (vgl. S. 26, Index 2) noch sehen werden, ist die Formulierung bei Ott, im Falle limitationaler Produktionsfaktoren, den übrigen Definitionen allerdings vorzuziehen.

Den Inhalt der vorgestellten Definition machen sich eine Vielzahl von Autoren zu eigen[1]. Bombach, Solow und Ott wurden ausgewählt, weil sich ihre Namen besonders mit der Materie verbinden und ihre Formulierungen den allgemein üblichen Sprachschatz gut abdecken.

---

1) Die folgende Autorenliste erhebt in keiner Weise den Anspruch erschöpfend zu sein, sie will lediglich die Verbreitung der obigen Definition verdeutlichen:

F. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 27.
Punkt 3 von Flecks Definition "die Anwendung neuer Produktionsverfahren zur Herstellung neuer Produkte" ist vermutlich die häufigste Erscheinungsform des technischen Fortschritts, rein theoretisch betrachtet, jedoch nur eine Kombination der Punkte 1 und 2 von Otts Definition ohne zusätzliche Erkenntnis.

H. Grayson, Price Theory in a Changing Economy, New York, 1964, S. 42.

D. Lorenz, Über einige Beziehungen zwischen technischem Fortschritt, Aussenhandel und Wachstum, a.a.O., S. 26o.

W. Möller, Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, in: Wirtschaftswachstum, Berlin, 1964, S. 37.

G. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 133.
Vgl. insbesondere seine Fussnote 8, wo er eine weitere Reihe von Autoren anführt, die "auf der gleichen Definition basieren".

W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 3o.

J. Schumpeter, Business Cycles, a.a.O., S. 87.
Schumpeter darf hier nur einschränkend zitiert werden. Sein "setting up of a new production function" umfasst bekanntlich mehr als die heute herrschende Definition dieses Begriffes. Dieser Tatbestand ist eingehend bei Ott behandelt.
A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 3o4.

W. Waffenschmidt, Graphisch anschauliche Einführung in die Volkswirtschaftslehre, 2. Auflage, Meisenheim, 1963, S. 2oo.

Wir haben gezeigt, daß hinter unterschiedlichen Ausdrucksformen eine einheitliche Definition des Begriffes "technischer Fortschritt" zu finden ist. Die Ausdrücke V e r s c h i e b u n g d e r P r o d u k t i o n s f u n k t i o n und S c h a f f u n g n e u e r P r o d u k t e bilden als h e r r s c h e n d e D e f i n i t i o n des technischen Fortschritts den Ansatzpunkt unserer Kritik.

I. 2. Kritik

I. 2. 1. Verschiebung der Produktionsfunktion

Solow[1] ist sich im Gegensatz zu manchem seiner Interpreten bewusst, wie sehr seine Definition

---

1) R.M. Solow, Investment and Technical Progress, in: Mathematical Methods in Social Science 1959, Stanford, 1960, S. 90 (Sperrung durch den Verfasser). Den Gegensatz zwischen dem Eingeständnis und den Berechnungen von Solow, die auf dieser "confession of ignorance" beruhen, kennzeichnet Samuelson treffend mit: "One might almost say that there are two Solows".
P.A. Samuelson, Parable and Realism in Capital Theory: The Surrogate Production Function, in: The Review of Economic Studies, Vol. 29, 1962, S. 193.

Insbesondere in der oben zitierten Arbeit sowie in: Technical Progress, Capital Formation and Economic Growth, in: American Economic Review, 1962, S. 76 - 86, versucht Solow von seiner ursprünglichen Version des technischen Fortschritts wegzukommen (vgl. S. 56 ff und S. 83, Darstellung 13 unserer Arbeit, wo wir näher darauf eingehen).
Da Solows "shift in the production function" nach wie vor die herrschende Definition des technischen Fortschritts beschreibt, sind wir von seiner ursprünglichen Arbeit ausgegangen.

des technischen Fortschritts "a c o n f e s s i o n o f i g n o r a n c e rather than a claim to knowledge" darstellt. Dieses Eingeständnis der Unwissenheit erleichtert eine Auseinandersetzung in keiner Weise, es versetzt den Kritiker lediglich in die Rolle eines Schattenboxers. So trifft unsere Kritik auch weniger die Vorstellung vom technischen Fortschritt, wie sie aus den Beispielen der einzelnen Autoren herauszulesen ist, als vielmehr die Form, in der versucht wird, diese Vorstellung allgemeingültig, nämlich als "Verschiebung der Produktionsfunktion", zu definieren.

Die Selbstkritik Solows trägt etwas den Charakter eines Pauschalurteils und verliert dadurch an Schärfe. Es wird unsere Aufgabe sein, Punkt für Punkt aufzuzeigen, w o r i n diese "confession of ignorance" liegt. Die Begriffsverwirrung im Zusammenhang mit unserem Thema[1] zwingt uns jedoch, zunächst ein taugliches Instrumentarium zu erarbeiten. Bei dieser Gelegenheit wollen wir bereits als Arbeitshypothese eine vorläufige Gegenposition zur herrschenden Definition konstruieren.

Der Ausdruck V e r s c h i e b u n g der Produktionsfunktion baut offensichtlich auf dem Begriff der Produktionsfunktion auf. Nach Stigler[2] beschreibt die Produktionsfunktion "the economist's summary of technological knowledge". Der Ausdruck "technological knowledge",

---

1) Vgl. S. 19, insbesondere Index 1, wo wir diese Behauptung belegen.

2) G. Stigler, The Theory of Price, 2. Auflage, New York, 1953, S. 1o6.

auch häufig als "level of technology"[1], "gegebener Stand der Technik"[2] oder "technischer Horizont"[3] bezeichnet, ist der Ausgangspunkt für die Analyse der herrschenden Definition.

Den technischen Horizont kann man anschaulich mit einem "ungeheuren Kochbuche"[4] vergleichen, in dem die Produzenten die technischen Kombinationsmöglichkeiten nachschlagen können.

Etwas anspruchsvoller formuliert:

"Sind in einer Wirtschaftseinheit k Güter bekannt, kann ein beliebiger Prozess, der durch die technisch bestimmte Zuordnung von n Produkt- und Produktionsmittelmengen definiert ist, als Punkt h im k-dimensionalen Raum mit den Koordinaten $x_1, x_2 \ldots\ldots x_n$ $(n \leqq k)$ beschrieben werden. Alle im Zeitpunkt $t = o$ bekannten Prozesse h_{jo} $(j = 1, \ldots, s)$ bilden im k-dimensionalen Raum den Raumabschnitt H_o, der als t e c h n i s c h e r H o r i z o n t der Wirtschaftseinheit bezeichnet wird".[5]

---

1) Ruttan, W. Vernon, Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technological Change: Reply, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 75. 1961, S. 154.

2) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, Dissertation, Köln, 1962, S. 67.

3) H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, Berlin, 1958, S. 21.

4) J. Niehans, Das ökonomische Problem des technischen Fortschritts, in: Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, 9o. Jahrgang, 1954, S. 148.

5) H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 21;in Anlehnung an den von Debreu definierten Begriff des "technological knowledge".

Debreu, Numerical Representations of Technological Change, in: Metroeconomica, Vol. VI, 1954, S. 46.

Die Erweiterung dieses technischen Horizonts ist nun der Ausdruck, mit dem Krieghoff[1] versucht, die Definition des technischen Fortschritts besser in den Griff zu bekommen.

Hat der Ausdruck "Erweiterung des technischen Horizonts" aber noch denselben Inhalt wie der Begriff "Verschiebung der Produktionsfunktion"? Die Erweiterung des technischen Horizonts ist eine rein technische Grösse, die primär keine Aussage über die ökonomische Effizienz des neuen Verfahrens zulässt. Der hier zu diskutierende technische Fortschritt ist anerkanntermeise ein natural ökonomisches Problem[2].
Diese Differenz kann jedoch relativ leicht überbrückt werden, indem wir im Sinne der herrschenden Definition die Erweiterung des technischen Horizonts auf den Bereich einschränken, der eine ökonomisch bessere Produktion erlaubt. Eine Produktion sei ökonomisch besser, "wenn mit der gleichen Menge Arbeit und Realkapital ein höherer Ertrag erzielt werden kann oder, was gleichbedeutend ist, wenn der gleiche Ertrag mit weniger Arbeit und weniger Realkapital erstellt werden kann"[3]

---

1) H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 21, "dann besteht die erste Phase des technischen Fortschritts in der Erweiterung des technischen Horizonts der Unternehmungen durch das Auftreten neuer Prozesse". Die "zweite Phase " ist nach Krieghoff (S. 59) dann die "Anwendung der neuen Prozesse".
Ähnlich Debreu, Numerical Representation of Technological Change, a.a.O., S. 48.

2) Vgl. S. 3 unserer Arbeit.

3) Vgl. die Definition von Bombach S. 4 dieser Arbeit.

Mit diesem Begriff haben wir das nötige Werkzeug für die Analyse der "confession of ignorance".

. 2. 1. 1. Potentieller-realisierter technischer Fortschritt

Die Begriffe p o t e n t i e l l e r und r e a l i s i e r t e r technischer Fortschritt tauchen bei den meisten Autoren[1] an irgendeiner Stelle auf, ohne daß man eigentlich so recht versteht, welcher von beiden Ausdrücken nun die "Verschiebung der Produktionsfunktion" zum Inhalt hat.

Krieghoff[2] und vor allem Walter[3] versuchen, die fehlende Brücke zu konstruieren. Der Begriff der Produktionsfunktion

---

1) Z.B.: A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 3o2; F. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 27; W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 6, verwendet hier die Ausdrücke "potential" und "actual".

2) H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 46. "In der marginalanalytischen Darstellung werden beide Tatbestände, die Erweiterung des technischen Horizonts und die Anwendung der neuen Prozesse in den Unternehmungen als Veränderungen der Produktionsfunktion beschrieben, so daß der Umstand, daß es sich einmal um die Verbesserung der technischen Kenntnisse und zum andern um eine Verbesserung der angewandten Produktionstechnik handelt, nicht deutlich wird." Krieghoffs Verquickung von "Aktivitäts"- und "Marginal"-Analyse mit dem hier angesprochenen Problem erscheint uns nicht zweckmässig. Die Frage, ob die limitationalen Produktionsfunktionen ("Aktivitätsanalyse") oder substitutionalen Produktionsfunktionen ("Marginalanalyse") die Wirklichkeit besser wiedergeben, hat nichts mit der Unterscheidung zwischen potentiellem und realisiertem technischem Fortschritt zu tun, (vgl. S. 26 d. Arbe

3) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 7o. Er beschreibt denselben Sachverhalt wie Krieghoff, nur in anderen Worten. Walters Begriffspaar "einzelwirtschaftlicher-gesamtwirtschaftlicher technischer Fortschritt" ist allerdings eine unnötige Begriffsbildung. Der Begriff des technischen Fortschritts sollte nicht in Abhängigkeit des jeweiligen Betrachtungsobjektes (Einzel-, Gesamt- oder Weltwirtschaft) definiert werden.

findet beim einzelnen Betrieb und in der Gesamtwirtschaft Anwendung. Nach Walter[1] kann deshalb die gesamtwirtschaftliche Produktionsfunktion "zumindest zweierlei" bedeuten: "Einmal die Summe der in einer Wirtschaftsperiode durchgeführten einzelwirtschaftlichen Fortschritte, zum andern die Erweiterung des technischen Wissens einer Volkswirtschaft (oder einer noch grösseren Wirtschaftseinheit), also die Erweiterung des Standes der Technologie." Im ersten Falle schlägt sich jede einzelwirtschaftliche Verschiebung der Produktionsfunktion in der gesamtwirtschaftlichen Produktionsfunktion nieder; im zweiten Fall hingegen nur die einzelwirtschaftliche Verschiebung der Produktionsfunktion, die den technischen Horizont der Gesamtwirtschaft verändert. Damit wird aber der einheitliche Begriff, Verschiebung der Produktionsfunktion, "für zwei ganz verschiedene Dinge" verwendet[2].

Im Grunde hat Walter mit seiner Argumentation recht, seine Differenzierung der gesamtwirtschaftlichen Produktionsfunktion erschwert jedoch die zu klärende Fragestellung. Einmal fordert die Definition der gesamtwirtschaftlichen Produktionsfunktion, als Summe der einzelwirtschaftlichen Produktionsfunktionen, bereits eine

---

1) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 7o/71.

2) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 71. Er sieht hier mit Recht von dem Spezialfall ab, daß alle Teile einer Gesamtwirtschaft immer auf demselben neuesten Stand des technischen Horizonts produzieren. In Walters Terminologie wäre hier einzelwirtschaftlicher stets gesamtwirtschaftlicher technischer Fortschritt.

"heroic abstraction"[1]. Zum andern ist Walters gesamtwirtschaftliche Produktionsfunktion als Ausdrucksform der "Erweiterung des Standes der Technologie" wenig verständlich, erst recht nicht, wenn er sie mit der "production possibility frontier in der Wohlfahrtsökonomie"[2] umschreibt.

Das vorliegende Problem lässt sich einfacher formulieren. Wir haben e i n e n Begriff (die Verschiebung der Produktionsfunktion) und zunächst z w e i Sachverhalte, die mit diesem Begriff belegt werden (den potentiellen und den realisierten technischen Fortschritt). Dies bedeutet, daß dieser Begriff unbestimmt wird, wenn er beide Sachverhalte enthält, unvollständig, wenn er nur ein Phänomen erfasst.

Leider ist es mit dem Begriffspaar'potentieller-realisierter technischer Fortschritt' noch nicht getan. Wir stehen heute vor einem "terminological jungle"[3], der jede Diskussion in die Gefahr bringt, zu einem Streit um Worte auszuarten.

---

1) P.A. Samuelson, Parable and Realism in Capital Theory: The Surrogate Production Function, a.a.O., S. 193.

2) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 72.

3) P.R. Schweitzer, Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technological Change: A Comment", in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 75, 1961, S. 152.

"Indeed it is by no means uncommon to find in a work by a distinguished economist phrases like 'technological change' used to signify sometimes a combination of research, development, invention, innovation and imitation sometimes a subset of these".[1)]

Mithilfe des Begriffes "Erweiterung des technischen Horizonts"[2)] ist es möglich, dieser Sprachverwirrung zu Leibe zu rücken. Hierbei erweist es sich als zweckmässig, das Ergebnis in einer schematisierten Darstellung vorwegzunehmen.[3)]

---

1) J. Schmookler, Invention and Economic Growth, a.a.O., S. 3. Als Beispiel für die Begriffsverwirrung möchten wir den folgenden Artikel anführen:

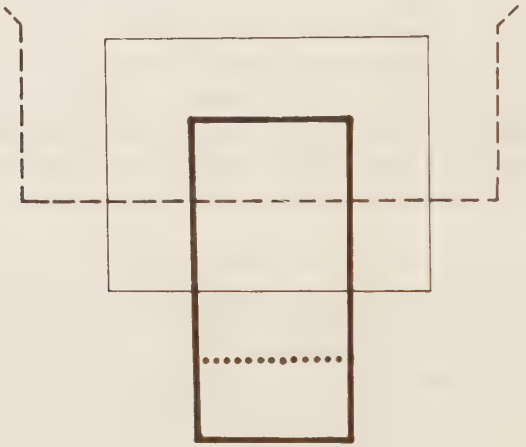
H. Grayson, Price Theory in a Changing Economy, a.a.O., S. 42; Grayson gelingt es, einen Grossteil der üblichen (unterschiedlichen!) Begriffe in einem Satz zu verweben. "With successive improvements in the s t a t e o f t e c h n o l o g y - improvements in machinery and equipment, superior managerial techniques, advancement in t e c h n i c a l k n o w l e d g e, better materials, more efficient methods of land care and cultivation, new forms of demand creation and numerous other i n n o v a t i o n s which have typified the industrial and agrarian revolutions - the total, average and marginal product c u r v e s k e e p s h i f t i n g to new positions." (Hervorhebungen durch den Verfasser).

2) Vgl. S. 14 dieser Arbeit

3) Da auch die Diskussion in der deutschsprachigen Literatur mit angelsächsischen Begriffen geführt wird, haben wir den deutschen Ausdrücken, die unserer Ansicht nach entsprechenden angelsächsischen Begriffe hinzugefügt.

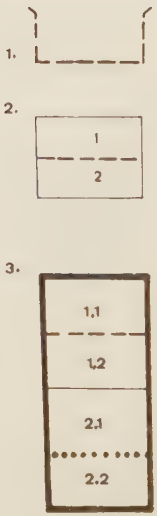
Darstellung 4

Technischer Fortschritt und verwandte Begriffe



Erklärung:

1. Erfindung (invention)
2. Erweiterung des technischen Horizonts (technological change) durch:
   1. Erfindung
   2. Weitergabe der Erfindung
3. Technischer Fortschritt (technical progress)
   1. Potentieller techn. Fortschritt durch:
      1. 1. Erfindung
      1. 2. Weitergabe der Erfindung
   2. Realisierter techn. Fortschritt durch:
      2. 1. Erstmalige Anwendung (innovation)
      2. 2. Weitere Anwendung (diffusion of innovation)



Beginnen wir mit dem Begriff der E r f i n d u n g (invention), von dem Ruttan[1] meint: "First I suggest that we abandon the attempt to provide an analytically meaningful definition of the term invention". Er will den Begriff lediglich in einem "descriptive sense"[2] gebrauchen. Ähnlich Schumpeter[3], der dem Ausdruck wegen seiner "misleading associations" misstraut. Diese Meinungen werden von uns geteilt.
Der weite Raum von Kunst, Wissenschaft und Technik, den der Begriff "Erfindung" (invention) abdeckt, erschwert eine einheitliche Definition, der positive Beigeschmack des Wortes ist einem analytischen Instrumentarium abträglich. Wir werden deshalb im folgenden den Begriff ausschliesslich "in a descriptive sense" verwenden. Das Wort "Erfindung" (invention) soll nur die generelle Bedeutung haben, daß irgendein Gedankengang zum ersten Mal gedacht wird, es soll also den Schöpfungsakt charakterisieren.
Einige deutschsprachige Autoren[4] gebrauchen dagegen den Begriff "Erfindung" (invention) als Umschreibung des potentiellen technischen Fortschritts. Wir halten dieses Vorgehen, aus den angeführten Gründen für unzweckmässig.

---

1) Ruttan, Vernon W., Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technological Change, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 73, 1959, S. 605;

2) Ruttan, W. Vernon, Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technological Change, a.a.O., S. 605; "The term is most useful in a descriptive sense...".

3) J.A. Schumpeter, Business Cycles, a.a.O., S. 84.

4) Z.B. bei F. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 27;
A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 302.

Der Begriffsinhalt einer Erweiterung des technischen Horizonts (technological change) ist bereits definiert[1]. Hier wollen wir die Stellung dieses Begriffes zu den Ausdrücken "Erfindung" und "technischer Fortschritt" kennzeichnen.
Nach Darstellung 4 lassen sich zwei Arten der Erweiterung des technischen Horizonts unterscheiden. Einmal eine Erweiterung des technischen Horizonts, die eine Erfindung zum Inhalt hat[2]; zum andern eine Erweiterung des technischen Horizonts ohne dieses Charakteristikum, also eine blosse Weitergabe des neuen technischen Wissens.
In Bezug auf die Abgrenzung zum technischen Fortschritt zeigt Darstellung 4 eine Erweiterung des technischen Horizonts ohne technischen Fortschritt und technischen Fortschritt ohne Erweiterung des technischen Horizonts. Die Erweiterung des technischen Horizonts ohne eine "ökonomisch bessere" Produktion ist kein technischer Fortschritt[3]. Die blosse Anwendung der "ökonomisch besseren" Produktion hat wiederum keine Erweiterung des technischen Horizonts zum Inhalt.

Wir haben die übliche Trennung in potentiellen und realisierten technischen Fortschritt (technical progress) angesprochen, ohne jedoch eine exakte

---

1) Vgl. S. 14 dieser Arbeit.

2) Um nicht unserer eigenen Kritik zum Opfer zu fallen, sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß hier der Ausdruck "Erfindung" lediglich "in a descriptive sense" gebraucht wird. Der Ausdruck "Erfindung" beschreibt hier die Art des genau definierten Begriffes der Erweiterung des technischen Horizonts.

3) Vgl. S. 15 dieser Arbeit.

Definition beider Begriffe zu geben[1]. Dies wollen wir jetzt mit Hilfe des bisher geschaffenen Instrumentariums nachholen, wobei wir, wie Darstellung 4 zeigt, eine nochmalige Untergliederung beider Erscheinungsformen des technischen Fortschritts vorgenommen haben.

Der p o t e n t i e l l e technische Fortschritt umfasst zwei Bereiche, die Erfindung (3.1.1.) und die Weitergabe der Erfindung (3.1.2.).

Der r e a l i s i e r t e technische Fortschritt kann untergliedert werden in die erstmalige Anwendung (3.2.1.) und die weiteren Anwendungen (3.2.2.) der neuen Technik. Schumpeters Begriffe "innovation" und "diffusion of innovation" sind eine treffende Umschreibung beider Tatbestände[2].

Nun ist es im Grunde relativ uninteressant, wie man diese Erscheinungsformen des technischen Fortschritts bezeichnet, von prinzipieller Bedeutung hingegen, daß sie überhaupt erkannt werden. Nur so ist es möglich, ein differenziertes begriffliches Werkzeug zu schaffen. Der Ablauf der weiteren

---

1) Vgl. S. 16 dieser Arbeit.

2) In dieser Weise verfährt auch Krieghoff: "Bei Schumpeter bedeutet der Ausdruck 'innovation' - die erstmalige erfolgreiche 'Durchsetzung einer neuen Kombination'.... während die spätere Anwendung der gleichen Kombination durch andere 'Wirte' als 'diffusion of innovation' bezeichnet wird."
H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 63;

eine ähnliche Terminologie findet sich bei Lorenz, der hier von "Innovations- und Imitationsprozessen" spricht.
D. Lorenz, Über einige Beziehungen zwischen technischem Fortschritt, Aussenhandel und Wachstum, a.a.O., S. 268;

auch Schmooklers Begriffspaar "innovation" - "imitation" ist zweckdienlich.
J. Schmookler, Invention and Economic Growth, a.a.O., S. 2.

Arbeit wird zeigen, daß ein solches Instrumentarium dringend erforderlich ist. Ohne die Ergebnisse vorwegzunehmen, b e w e i s t ein Blick auf Darstellung 4 wie verwirrend sich die Auseinandersetzung mit dem Problem des technischen Fortschritts gestalten muss, wenn man nur den Begriff "Verschiebung der Produktionsfunktion" als Ausdrucksmittel zur Verfügung hat.

I. 2.1.2. Limitationale Produktionsfunktionen

Die Produktionsfunktionen mit limitationalen und substitutiven Produktionsfaktoren werden allgemein als die gegenseitigen Pole der möglichen Produktionsfunktionen betrachtet[1]. Die Produktionsfunktionen mit substitutionalen Produktionsfaktoren werden oft mit Marginalanalyse, die Produktionsfunktionen mit limitationalen Produktionsfaktoren mit Prozess- oder Aktivitätsanalyse umschrieben[2]. In der neueren Forschung wird den Produktionsfunktionen mit limitationalen Produktionsfaktoren allgemein ein

---

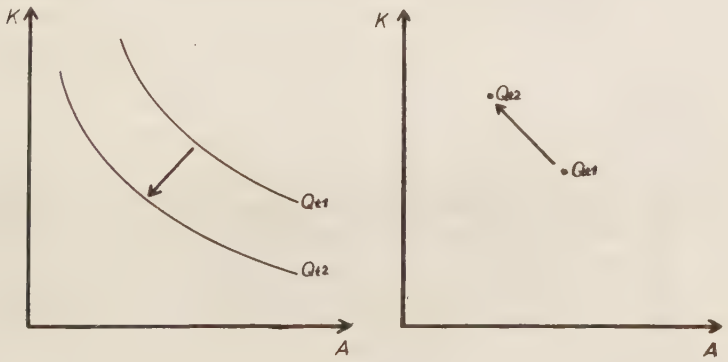
1) E. Gutenberg, Die Produktion, a.a.O., S. 291 ff;
G. Lassmann, Die Produktionsfunktion und ihre Bedeutung für die betriebswirtschaftliche Kostentheorie, a.a.O., S. 43.

2) Vgl. H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 83;
G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, a.a.O., S. 53.
H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 3o.
Wir halten diese Begriffsverwendung für überflüssig und formal für bedenklich Vor allem der Begriff "Marginalanalyse" ist viel weiter gespannt als der Begriff "Produktionsfunktion mit substitutiven Produktionsfaktoren".

höherer Erklärungswert zugebilligt[1]. Diese Auseinandersetzung ist jedoch nicht unser Thema. Uns genügt der Tatbestand, daß beide Funktionstypen in der Diskussion stehen und damit von einer allgemeingültigen Definition des technischen Fortschritts umfasst werden müssen.

Die herrschende Definition des technischen Fortschritts geht von einer Produktionsfunktion mit substitutionalen Faktoren aus. Was bedeutet aber die "Verschiebung der Produktionsfunktion" unter limitationalen Produktionsbedingungen? Verdeutlichen wir die Fragestellung anhand des Isoquantenschemas.

Darstellung 5



Erklärung: A = Arbeit (z.B. Arbeitsstunden)
K = Realkapital (z.B. Anzahl Maschinen)
Q_{t_1}/Q_{t_2} = Produktionsfunktion vor (t_1) und nach (t_2) dem technischen Fortschritt

1) Z.B. E. Gutenberg, Die Produktion a.a.O., insbesondere S.313;
G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, a.a.O., S. 53;
K. Dorfman, Mathematical or"Linear" Programming: A Non-mathematical Exposition, American Economic Review, Vol. 43, 1953, insbesondere S. 803.

Die Verschiebung der Produktionsfunktion ist bei substitutionalen Produktionsfaktoren immer auf die Aussage zurückzuführen, daß die gleiche Produktion (Q) mit "weniger Arbeit und weniger Realkapital"[1] erstellt werden kann. Bei limitationalen Produktionsbedingungen ist die Verschiebung der Produktionsfunktion auch unter Mehreinsatz einer der Faktoren möglich (K in Darstellung 5), womit natürlich die Frage nach dem ökonomischen Gesamteffekt zunächst offen bleibt[2]. Der Begriff "Verschiebung der Produktionsfunktion" ist somit nur bei Produktionsfunktionen mit substitutionalen Produktionsfaktoren eindeutig als Realkostensenkung pro Einheit definiert.

Dieses Problem wird bei Krieghoff[3] und Walter[4] klar erkannt und durch eine Gewichtung der Produktionsfaktoren mit ihren Preisen gelöst[5]. Beide Autoren stellen allerdings den Gegens

---

1) Vgl. S. 4 dieser Arbeit.

2) Um der Definition Otts (vgl. S. 9 dieser Arbeit) an dieser Stelle gerecht zu werden, ist folgendes zu berücksichtigen. Auch Ott geht, wie Darstellung 3 zeigt, von substitutionalen Produktionsfaktoren aus. Im Gegensatz zu Bombach und Solow (vgl. S. 5 und S. 7 dieser Arbeit) gewichtet Ott die Produktionsfaktoren mit ihren Preisen und kann deshalb in seiner verbalen Definition, anhand des Kostenbegriffes, auch die in Zeichnung 5 dargestellte Situation eindeutig klären. Die Bewegung von Q_{t_1} nach Q_{t_2} in Zeichnung 5 ist technischer Fortschritt, wenn die Einsparung beim Faktor Arbeit $(\Delta A \cdot P_A)$ grösser ist als der Mehraufwand beim Faktor Kapital $(\Delta K \cdot P_K)$.

   Auf dem Hintergrund der sonstigen, bereits diskutierten und noch anzusprechenden Probleme, haben wir es jedoch nicht für sinnvoll gehalten, die Abgrenzung bei Ott wegen des angeführten Unterschiedes von den übrigen Definitionen loszulösen.

3) Vgl. H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 42 ff.

4) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 83 ff.

5) Vgl. S. 33 ff dieser Arbeit, wo wir näher auf die Implikationen dieser Methode eingehen.

"Marginal- und Aktivitätsanalyse" in das Zentrum ihrer Diskussion und bilden für jede "Analyse" eine eigene Definition des technischen Fortschritts. Wir halten dieses Vorgehen für wenig zweckmässig. Auf diese Art werden Tatbestände gekoppelt, die nichts miteinander zu tun haben; nämlich der technische Fortschritt und die spezielle Form der Produktionsfunktion.

Unsere Arbeitshypothese[1], die auf dem allgemeinen Begriff der Erweiterung des technischen Horizonts aufbaut, vermeidet die Bindung des Begriffes "technischer Fortschritt" an einen bestimmten Typ der Produktionsfunktion.

2.1. 3. Qualitätsveränderung der Produktionsfaktoren

Die herrschende Definition des technischen Fortschritts impliziert die qualitative Konstanz der Produktionsfaktoren Arbeit und Realkapital. Bewegen wir uns vom Ursprung entlang den Koordinatenachsen (z.B. in Darstellung 1 auf S. 5) so steigt lediglich die M e n g e der genau bezeichneten q u a l i t a t i v u n v e r ä n d e r t e n Produktionsfaktoren. "Es handelt sich also um eine rein mengenmässig ausgerichtete Beziehung unter Ausschluss von Qualitätsveränderungen"[2].

---

1) Vgl. S. 15 dieser Arbeit.

2) G. Lassmann, Die Produktionsfunktion und ihre Bedeutung für die betriebswirtschaftliche Kostentheorie, a.a.O., S. 18; ebenso G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, a.a.O., S. 5o.

Diese in der traditionellen Theorie verwurzelte Vorstellung steht nun in auffälligem Gegensatz zu den Realitäten:

"Vermindern sich hierbei aber wirklich n u r d i e m e n g e n m ä s s i g e n Faktoreinsätze? Wenn wir davon ausgehen, daß im Zeitpunkt o ein in jeder Hinsicht (technisch und organisatorisch) optimales Kombinationsverhältnis gegeben war, so ist eine Verschiebung der Isoquanten, also die Realisierung eines technischen Fortschritts, offenbar nur denkbar, wenn sich im qualitativen Faktoreinsatz, insbesondere bei der Kapitalausrüstung, etwas geändert hat, d.h. wenn neue Kapitalgüter mit höherer Effizienz eingesetzt worden sind. Die Anwendung technischer Fortschritte ist also in der Regel mit Investitionen verbunden, was in diesem Zusammenhang bedeutet, daß zumindest auf der Kapitalachse unvergleichbare Dinge unter einen Begriff subsummiert werden (wobei wir der Einfachheit halber qualitative Veränderungen im Arbeitsinput vernachlässigen wollen)"[1].

Versuchen wir dieser Qualitätsveränderung der Produktionsfaktoren Rechnung zu tragen, ergibt sich im einfachsten Falle folgende Darstellung des technischen Fortschritts im Isoquantenschema.

---

1) H. Walter, Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 1963, S. 103;
Walters Bemerkung bezüglich "optimales Kombinationsverhältnis" ist überflüssig, weil die Isoquanten bereits so definiert sind.
Die qualitativen Veränderungen werden noch von einer Reihe von Autoren explizit angesprochen:

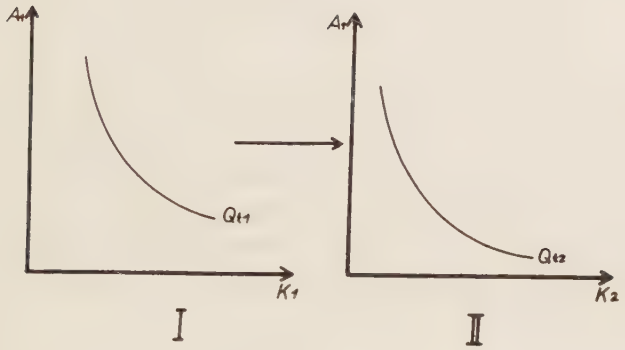
J. Robinson, The Rate of Interest and Other Essays, a.a.O., S. 41;

Ch. Kennedy, Technical Progress and Investment, The Economic Journal, Dezember 1962, S. 908;

D. Lorenz, Über einige Beziehungen zwischen technischem Fortschritt, Aussenhandel und Wachstum, a.a.O., S. 265;

W. Möller, Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, a.a.O., S. 36.

Darstellung 6



Erklärung: A_1 = Arbeit (z.B. Arbeitsstunden)
K_1 = Realkapital (z.B. Anzahl der Maschinen x)
K_2 = Realkapital (z.B. Anzahl der Maschinen y)
Q_{t_1}/Q_{t_2} = Isoquanten zum Zeitpunkt vor (t_1) und nach (t_2) dem technischen Fortschritt

In Darstellung 6 sind, entsprechend der Kritik von Walter, die unterschiedlichen Qualitäten (hier von K) auf verschiedenen Koordinatenachsen abgetragen. Die Definition des technischen Fortschritts als Verschiebung der Produktionsfunktion bzw. der Isoquante wird damit aber unbestimmt. Die Beziehung zwischen Zeichnung I und II ist nicht definiert. Q_{t_1} ist eine bestimmte Isoquante, Q_{t_2} eine andere Isoquante, die jedoch nicht als Verschiebung von Q_{t_1} in Richtung des Ursprungs bezeichnet werden kann.

Die Ansicht, daß der technische Fortschritt Qualitätsveränderungen mit sich bringt, lässt sich erstaunlicherweise auch bei manchen Autoren nachweisen, die wir mit der herrschenden Definition identifizierten[1].
Soll der technische Fortschritt nicht als "falling like manna from heaven"[2] erscheinen, bleibt auch gar keine andere Wahl, als die Qualitätsveränderung der Produktionsfaktoren anzuerkennen. Allerdings sind die Schwierigkeiten, die sich hieraus ergeben, ausserordentlich gross. Nun ist es in unserer Wissenschaft üblich, die Lösung schwieriger Probleme durch vereinfachende Annahmen zu erleichtern. In diesem Sinne würden wir auch den Gegensatz der herrschenden Definition des technischen Fortschritts mit der Wirklichkeit interpretieren.

Fraglich ist nur, ob die Unterstellung konstanter Faktorqualitäten bei einer Abgrenzung des Begriffes "technischer Fortschritt" zweckmässig sein kann. Wir glauben nicht; die Qualitätsveränderung macht das W e s e n des technischen

---

1) G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 184; "Hierzu (zum technischen Fortschritt, der Verfasser) gehören vor allen Dingen, ... Ersetzung auslaufender Maschinen durch neue Maschinen höherer Effizienz ..";

R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 316; "Obviously much, perhaps nearly all, innovation must be embodied in new plant and equipment to be realized at all".

2) Hahn and Matthews, The Theory of Economic Growth: A Survey, in: Surveys of Economic Theory, Vol. II, New York, 1966, S. 58; "The simple approach to technical progress (herrschende Definiton, der Verfasser) represents technical knowledge (in an often used phrase) as falling like manna from heaven";

W.G. Hoffmann spricht hier treffend davon, daß man den technischen Fortschritt "als ein Geschenk des Himmels ansieht".
W.G. Hoffmann, Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin, 1965, S. 28.

Fortschritts aus[1], und es kann nicht zweckmässig sein, von dem wesentlichen Inhalt des Sachverhalts, den man untersucht, ex definitione abzusehen.
Deshalb stellen wir die Qualitätsveränderung in das Zentrum unserer weiteren Analyse.

Mit dieser Festlegung ist allerdings unsere als Arbeitshypothese formulierte Definition fragwürdig geworden[2].
Die "Erweiterung des technischen Horizonts" lässt sich ohne weiteres mit qualitativ veränderten Produktionsfaktoren vereinen, die "ökonomisch bessere Produktion" muss jedoch neu durchdacht werden. Die Kostensenkung, definiert als geringerer Einsatz an "Arbeit und Realkapital"[3] ist nur

---

1) G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, a.a.O., S. 57; "Es macht geradezu das Wesen neuen technischen Wissens (im Sinne unseres technischen Fortschritts, der Verf.) aus, daß es sich in qualitativ unterschiedlichen Faktoren verkörpert." Auch die sogenannten "organisatorischen Fortschritte" haben, wie Schätzle (S. 57) klar erkennt, "ebenfalls neue Produktionsfunktionen" zur Folge. Den Unterschied zu den sonstigen Qualitätsveränderungen sehen wir lediglich darin, daß die organisatorischen Umstellungen in der Regel weniger kosten.

2) Vgl. S. 15 unserer Arbeit

3) Vgl. S. 4 unserer Arbeit

bei gleichbleibenden Qualitäten ein ökonomisch eindeutiger Begriff. Physische Grössen besitzen "wo sich ein technischer Fortschritt auswirkt, ... keine exakte Bedeutung mehr".[1)]

Einen Ausweg sehen wir, ähnlich Krieghoff[2)], darin, das h e r r s c h e n d e P r e i s s y s t e m zur Gewichtung der unterschiedlichen Produktionsfaktoren heranzuziehen. Damit erhalten wir jedoch einen "relativen"[3)] Begriff des technischen Fortschritts.

---

1) J. Robinson, Die Akkumulation des Kapitals, Wien, 1958, S. 14o; Robinson bezieht hier diese Aussage nur auf den Faktor Kapital, es wird jedoch deutlich (ebenfalls S. 14o), daß für den Faktor Arbeit Analoges gilt.

Ähnlich Ch. Kennedy, Technical Progress and Investment, a.a.O., S. 9o8; "The introduction of a new machine makes it no longer possible to measure capital by a straightforward enumeration of the number of machines." Den Ausweg, den Kennedy vorschlägt, unterschiedliche Qualitäten des Faktors Kapital anhand der Arbeitsstunden (wage-units), die zu ihrer Erstellung nötig sind, zu messen, halten wir für nicht gangbar. Eine empirische Messung scheidet aus, theoretisch ist einzuwenden, daß es d i e Arbeitsstunde nicht gibt, sondern nur Arbeitsstunden verschiedenster Qualitäten; ferner ist hier die Kritik, die heute der Arbeitswerttheorie Ricardos entgegengehalten wird relevant (Vgl. A. Amonn, David Ricardo, Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 9, S. 14).

2) H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 44;

ebenso H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 91.

Das Anliegen von Krieghoff und Walter betrifft allerdings nicht nur die Berücksichtigung der Qualitätsveränderungen, sondern vor allem die limitationalen Produktionsfunktionen. Bei limitationalen Produktionsfunktionen ist, wie wir gesehen haben (S. 26 dieser Arbeit), die Gewichtung der Produktionsfaktoren mit ihren Preisen erforderlich, um eine eindeutige Definition zu erhalten.

3) H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O. S. 45;

ebenso H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 91.

Das Ausmaß des technischen Fortschritts ist jetzt bei ein- und derselben Erweiterung des technischen Horizonts vom herrschenden Preissystem abhängig[1]. Diese Relativität des Begriffes ist jedoch mit dem natural ökonomischen Charakter des technischen Fortschritts durchaus vereinbar[2].

Ein anderes Problem sehen wir darin, daß jegliches Preissystem der sozial ökonomischen Begriffswelt entstammt[3]. Definiert man daher den technischen Fortschritt mithilfe der Preise, ergibt sich ein gewisser Gegensatz von gewolltem (natural ökonomischem) und tatsächlichem Inhalt dieses Begriffes. Dieses Dilemma wird ganz klar von Kendrick[4] angesprochen: "Although productivity analysis has to do with physical volumes of output and input, we cannot get away from the psychological elements involved in the mutual determination of prices of both outputs and inputs since relative prices are necessary to aggregation."

---

1) Vgl. Darstellung 7 a, S. 35, wo wir diesen Sachverhalt verdeutlichen konnten.

2) Dieselbe technische Veränderung ist, wenn relativ überflüssige Faktoren eingesetzt werden (niedriges Preisniveau), ein grösserer technischer Fortschritt im hier verstandenen Sinne, als wenn dieselben Faktoren relativ selten sind (hohes Preisniveau).

3) W. Mahr, Einführung in die Allgemeine Volkswirtschaftslehre, Wiesbaden, 1966, S. 131. "Jeder zustandegekommene Preis geht aus der Einigung mindestens zweier Menschen (des Käufers und des Verkäufers) hervor, ist demnach eine gesellschaftliche (soziale) Kategorie."

4) J.W. Kendrick, Productivity Trends in the United States, Princeton, 1961, S. 9. Der Ausdruck "productivity" darf hier im Sinne unseres technischen Fortschritts interpretiert werden (Hervorhebung durch den Verfasser).

Eine praktikable Möglichkeit, diese Schwierigkeit zu überwinden, konnten wir nicht entdecken. Wir halten es jedoch für besser, ein Problem wenigstens aufzuzeigen, als es durch geschickte Formulierungen zu überspielen.

Bevor wir zur Diskussion der neuen Produkte übergehen, ist es an dieser Stelle vorteilhaft, eine Darstellung zu bringen, mit der wir ursprünglich die herrschende Definition verteidigen wollten.

Exkurs I

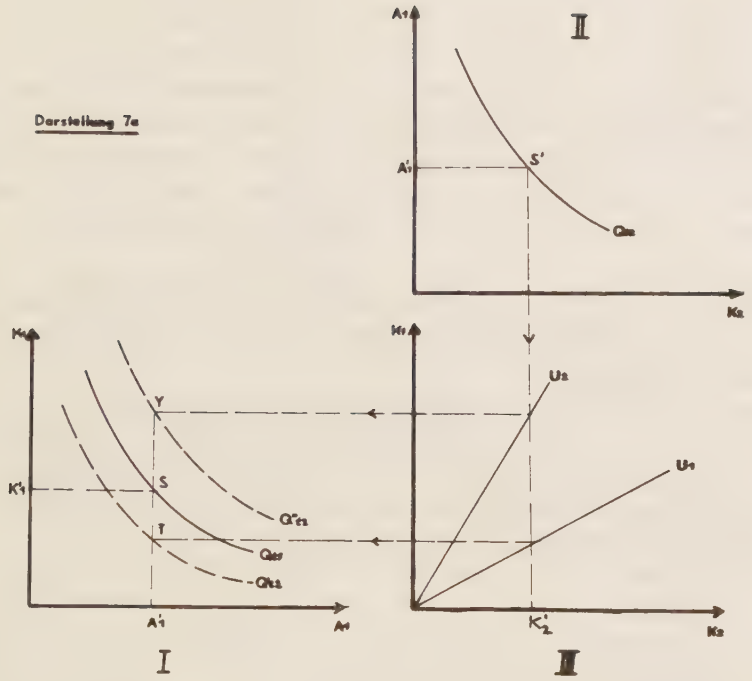
In der folgenden Zeichnung haben wir in Skizze I und II den bereits in Darstellung 6[1] beschriebenen Sachverhalt wiedergegeben: Den veränderten Faktorqualitäten ist durch unterschiedliche Koordinatenachsen (K_1, K_2) Rechnung getragen[2]. In Skizze III wird mithilfe der Preise für K_1 und K_2 die fehlende Brücke zwischen Skizze I und II konstruiert.

---

1) Vgl. S. 29 dieser Arbeit.

2) Darstellung 7 a liesse sich analog für qualitative Veränderungen des Faktors Arbeit (A_1, A_2) anwenden. Für die unterschiedlichen Preise (U_1, U_2) könnte man den Lohnsatz verwenden.

Darstellung 7a



Die Zeichnungen I und II sind wie bisher definiert, Q_{t_1} als Isoquante zum Zeitpunkt t_1, Q_{t_2} als Isoquante zum Zeitpunkt t_2. Die Fahrstrahlen U_1 bzw. U_2 in Zeichnung III bringen die Preisrelation der alten Maschinen (K_1) zu den neuen Maschinen (K_2) zum Ausdruck, wobei in U_2, verglichen mit U_1, die neuen Maschinen (K_2) teurer sind.

In t_1 (Skizze I) wird das Produkt Q an einem beliebig herausgegriffenen Punkt (S) durch Kombination von K'_1 Maschinen und A'_1 Arbeitern erzeugt. In t_2 (Skizze II) lässt sich das gleiche Produkt Q bei unverändertem Arbeitseinsatz (A'_1) mit K'_2 Maschinen herstellen.
Um Skizze I und II zu vergleichen, werden in Skizze III, anhand der Preise, die neuen Maschinen in alte umgerechnet.

Auf diese Weise ergibt sich Y oder T, je nachdem, ob die neuen Maschinen vergleichsweise teuer (U_2) oder billig (U_1) sind. Analog zu Y und T lassen sich die Kurven Q''_{t_2} und Q'_{t_2} durch punktweise Abbildung von Q_{t_2} ermitteln.

Nur Q'_{t_2} erscheint dann als "Verschiebung der Isoquante in Richtung des Ursprunges".

Darstellung 7 a hat nun den Vorteil, einige der hervorgehobenen Gesichtspunkte anschaulich werden zu lassen. Einmal ist das Problem der unterschiedlichen Faktorqualitäten (K_1, K_2) formal gelöst, zum andern kommt der n a t u r a l - ö k o n o m i s c h e Charakter des technischen Fortschritts durch die Skizzen I und II einerseits und Skizze III andererseits augenfällig zum Ausdruck.

Deutlich zeigt sich, daß ein- und dieselbe technische Erfindung (Q_{t_2}) je nach den ökonomischen Verhältnissen (U_1 bzw. U_2) technischer Fortschritt ist oder nicht (Q'_{t_2} bzw. Q''_{t_2}).
Trotz dieser Vorteile möchten wir aus den bereits angeführten und noch auszuarbeitenden Gründen auf die Produktionfunktion als Ausdrucksform des technischen Fortschritts verzichten. Dieser Exkurs sollte lediglich einige der angeführten Probleme verdeutlichen.

I. 2. 2. Neue Produkte

"Der Fortschritt in Gestalt neuer Güter wird fast nur der Vollständigkeit halber zu Beginn kurz erörtert, im übrigen beherrscht die zweite Hauptform des technischen Fortschritts den Artikel"[1]. Dieser Sachverhalt kam bereits bei der Vorstellung der herrschenden Definition

---

1) D. Lorenz, Über einige Beziehungen zwischen technischem Fortschritt, Aussenhandel und Wachstum, a.a.O., S. 261; als "typisches" Beispiel für diesen Tatbestand führt er Otts Artikel im Handwörterbuch der Sozialwissenschaften an. Allerdings ist für Lorenz dieses Problem nach einem kurzen Seitenhieb auf die klassische und neoklassische Tradition ebenfalls erledigt.

zum Ausdruck und ist umso erstaunlicher als die neuen Produkte allgemein als eine wesentliche Erscheinungsform des technischen Fortschritts betrachtet werden. "By assuming that technical change may be regarded as lower costs for existing products, the simple model avoids all reference to one of the most important features of new technology: the emergence of new products and improvements to existing ones"[1].

Beide Begriffe, "Verschiebung der Produktionsfunktion" und "neue Produkte", werden mit dem Ausdruck "technischer Fortschritt" belegt, beide Sachverhalte müssen also Gemeinsamkeiten aufweisen. Da es kaum für nötig erachtet wird, diesen Zusammenhang darzulegen, wird er den meisten Autoren wohl offensichtlich erscheinen. Diese auffällige Zurückhaltung lässt sich jedoch auch anders erklären. Um die tatsächlich bestehenden Gemeinsamkeiten zwischen der Verschiebung der Produktionsfunktion und den neuen Produkten exakt zu formulieren, wäre es erforderlich, die liebgewonnene und hier kritisierte Definition von der Verschiebung der Produktionsfunktion in Frage zu stellen.

---

1) W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 88.
Sehr informativ ist auch die jüngste Studie des Ifo-Institutes: "Beispielsweise schätzen amerikanische Experten, daß im Jahre 1975 der Umsatz von Industrieunternehmen in den USA zu 4o % aus Gütern bestehen wird, die es heute überhaupt noch nicht gibt." Ifo-Institut, Forschung und Wirtschaftswachstum,(Verbreitung der numerischen Maschinensteuerung und Auswirkungen der Verwendung von Kunststoffen in der Bundesrepublik Deutschland, erstellt im Auftrag der Hohen Behörde in Luxemburg), München, Mai 1967, S. 12.

Als konkretes Einzelbeispiel möchten wir folgenden Absatz aus dem Geschäftsbericht der Firma Bayer A.G. für 1965, S. 27, zitieren: "Der Umsatzanteil der erstmalig nach 1948 in unseren Werken hergestellten Produkte erhöhte sich auf 59,7 %. Die im Laufe der letzten 1o Jahre hinzugekommenen neuen Produkte erbrachten allein 33 % des Umsatzes."

Verlassen wir jedoch das Feld der Motivforschung und beginnen mit der scheinbar überflüssigen Frage "was sind neue Produkte?".

Die Antwort von Ott[1], daß neue Produkte "bisher unbekannte" Produkte sind, ist vordergründig, denn sie fordert die Zusatzfrage, "was sind bisher unbekannte Produkte?". Sind, um ein beliebiges Beispiel herauszugreifen, Nylonhemden ein bisher unbekanntes Produkt? Die Antwort lautet - nein -, wenn wir als Vergleichsobjekt die Kategorie "Hemd" wählen; wir werden mit - ja - antworten, wenn wir das "Nylonhemd" mit der Spezies "Wollhemd" vergleichen. Allgemein formuliert, hängt das Problem, ob wir ein Produkt als "bisher unbekannt" definieren, vom Vergleichsobjekt ab. Je umfassender diese Bezugsgrösse bestimmt wird, desto weniger neue Produkte existieren und umgekehrt. Da es jedem Autor freisteht, das Vergleichsobjekt nach seinen Vorstellungen zu wählen, resultiert ein entsprechend "fruchtbarer" Begriff der neuen Produkte und damit des technischen Fortschritts.

Wollen wir wieder Boden unter den Füssen erlangen, bleibt nur die Möglichkeit, sich auf eine Konvention zu einigen. Hier scheint uns der Begriff der Qualitätsveränderung sinnvoll. Eine Qualitätsveränderung bedeutet, daß sich i r g e n d e i n e E i g e n s c h a f t eines Produktes verändert hat. Tatsächlich besteht ja zwischen der eben definierten Qualitätsveränderung und dem verschwommenen Begriff der neuen Produkte, wie Jaszi[2] ausführt, "no clear distinction...; it is all a matter of degree."

---

1) Vgl. S. 8 dieser Arbeit.

2) G. Jaszi, An Improved Way of Measuring Quality Change, The Review of Economics and Statistics, 1962, S. 333, Index 1.

Mit dieser Definition verliert die Aussage, neue (d.h. qualitativ veränderte) Produkte seien technischer Fortschritt, rein sprachlich bereits viel von ihrer Selbstverständlichkeit. Das Problem, ob j e d e s "neue" Produkt technischer Fortschritt sein soll, wird jetzt wesentlich deutlicher. Wir vermuten, daß die einzelnen Autoren bei der Kennzeichnung neuer Produkte als technischen Fortschritt an qualitativ b e s s e r e Produkte denken, wobei ein Abwägen von Mehraufwand und Qualitätsverbesserung eingeschlossen sein dürfte[1].

Wie die Implikationen der herrschenden Definition auch aussehen mögen, wir glauben nicht, daß es sinnvoll ist, jede qualitative Veränderung, oder unscharf ausgedrückt, jedes neue Produkt, als technischen Fortschritt zu bezeichnen. Folglich müssen wir aus dem grossen Bereich qualitativ veränderter Produkte eine Aussonderung vornehmen. Das von uns vorgeschlagene Instrumentarium ist hierzu geeignet.

Neue Produkte fallen in den Bereich der E r w e i t e r u n g d e s t e c h n i s c h e n H o r i z o n t s . Sie gelten nur dann als technischer Fortschritt, wenn sie eine ö k o n o m i s c h b e s s e r e Produktion erlauben.

---

1) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 334. Bei Bombach finden wir Ausführungen in dieser Richtung: "... ob die Qualitätsverbesserung, die dem konsumierenden Haushalt zugute kommt, realen Mehraufwand für den Hersteller bedeutet hat oder ob sie durch effizientere Fertigungsverfahren ("technischer Fortschritt") erzielt worden ist".

Auch in der Studie des Ifo-Institutes, Forschung und Wirtschaftswachstum, a.a.O., S. 12, wird das hier angesprochene Problem erkannt.

Eine Produktion ist ökonomisch besser, wenn mit demselben Einsatz an Arbeit und Realkapital das neue Produkt einen höheren Ertrag, gemessen bei herrschenden Preisen, abwirft.[1] Damit lässt sich die Gemeinsamkeit beider Erscheinungsformen des technischen Fortschritts in einer einheitlichen Definition ausdrücken (vgl. S.43).

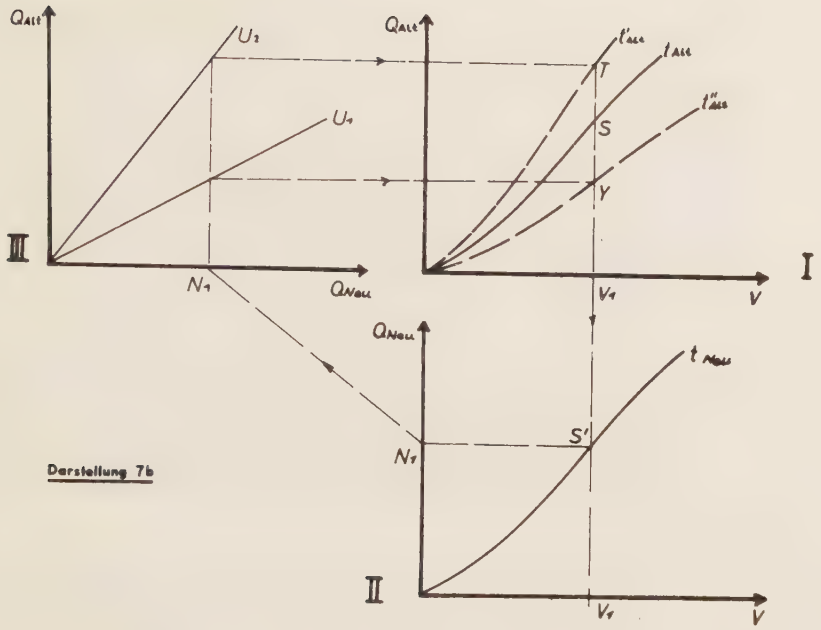
Exkurs II

Wir werden auch hier, zur Verdeutlichung einiger Aspekte der gegebenen Definition, die Darstellung im Koordinatensystem heranziehen. Es gelten gegen diese Darstellung dieselben Vorbehalte wie bei der im Prinzip gleichartigen Darstellung 7 a im Exkurs I[2].

---

1) In Wirklichkeit werden natürlich qualitativ veränderte Produkte auch qualitativ veränderte Produktionsfaktoren bedingen oder anders formuliert, es ist unwahrscheinlich, daß mit d e m s e l b e n "Einsatz an Arbeit und Realkapital" ein neues Produkt produziert werden kann. Hierbei handelt es sich jedoch nur um einen Kombinationsfall ohne zusätzliche theoretische Erkenntnisse. In unserer allgemeinen Definition (vgl. S. 43) ist auch diese Kombination enthalten.

2) Vgl. S. 35 dieser Arbeit



Darstellung 7b

Die Grössen in Darstellung 7 b sind wie bisher definiert, Q als Symbol für den Ausstoß, V als Symbol des realen Faktoreinsatzes, t als Ausdruck der Produktionsfunktion. In Zeichnung I und II haben wir die Produktionsfunktion des alten Produktes (t_{Alt}) und des neuen Produktes (t_{Neu}) dargestellt. In Zeichnung III wird anhand der Preise für beide Produkte die ökonomische Komponente eingeführt; die Mengeneinheiten des neuen Produktes (Q_{Neu}) werden in Mengeneinheiten des alten Produktes (Q_{Alt}) umgerechnet.

In U_1 ist verglichen mit U_2 das neue Produkt weniger wert. Y und T erhält man, ausgehend von S, auf analogem Wege wie in Darstellung 7a. Ist das neue Produkt relativ begehrt (U_2), errechnet sich bei einer beliebig herausgegriffenen Produktion (S) ein technischer Fortschritt (T), ist es relativ billig, ergibt sich kein technischer Fortschritt (Y). Durch punktweise Abbildung der Produktionsfunktion t_{Neu} ergeben sich die Kurven t'_{Alt} und t''_{Alt}.

Der Vorteil von Darstellung 7 b liegt zunächst darin, daß sich die neuen Produkte überhaupt im Koordinatensystem darstellen lassen und somit die Gleichartigkeit beider Erscheinungsformen des technischen Fortschritts demonstriert wird. Zum andern ist die Relativität des so definierten technischen Fortschritts wiederum dadurch verdeutlicht, daß ein und dasselbe neue Produkt nur unter ganz bestimmten ökonomischen Bedingungen (U_2) technischen Fortschritt ergibt (t'_{Alt}).

I. 3. Ergebnis

Die Verschiebung der Produktionsfunktion und die Schaffung neuer Produkte, von uns als die herrschende Definition des technischen Fortschritts ausgewiesen, ist aus folgenden Gründen nicht zweckmässig:

1. Die herrschende Definition lässt eine Unterscheidung zwischen den Tatbeständen der Erfindung, Weitergabe dieser Erfindung, erstmaligen Anwendung und weiteren Anwendung des neuen technischen Wissens nicht erkennen.

2. Der Begriff "Verschiebung der Produktionsfunktion" ist bei limitationalen Produktionsfunktionen nicht eindeutig im Sinne einer Realkostensenkung pro Einheit definiert.

3. Der Begriff "Verschiebung der Produktionsfunktion" ist als Ausdruck des technischen Fortschritts widersprüchlich, weil er von der qualitativen Konstanz der Produktionsfaktoren ausgeht, was dem Sachverhalt, den er erfassen will, nicht entspricht.

4. In der Regel wird nicht definiert, was neue Produkte sind und warum sie denselben Sachverhalt beschreiben, den der Begriff "Verschiebung der Produktionsfunktion" erfassen will.

Unter Berücksichtigung dieser Kritik schlagen wir folgende D e f i n i t i o n d e s t e c h n i s c h e n F o r t s c h r i t t s vor:

> Der technische Fortschritt ist eine Erweiterung und Anwendung der Erweiterung des technischen Horizonts durch eine qualitative Veränderung der Produktionsfaktoren und Produkte, die eine ökonomisch bessere Produktion erlauben.
>
> Eine Produktion ist ökonomisch besser, wenn sich die Output-Input-Relation erhöht, gemessen bei herrschenden Preisen.

II. Klassifikationen

Die Klassifikation des technischen Fortschritts betrifft für gewöhnlich nur die Dreiteilung in n e u t r a l e n, a r b e i t s s p a r e n d e n und k a p i t a l - s p a r e n d e n technischen Fortschritt[1]. Wir halten diese traditionelle Betrachtungsweise für zu eng. Eine Klassifikation sollte, wie Walter[2] ausführt, eine "Aussage über die wesentlichen Merkmale des zu klassifizierenden Phänomens (hier: des technischen Fortschritts) ermöglichen." Da an ein bestimmtes Phänomen Fragen aus verschiedenen Richtungen gestellt werden können, sind verschiedene, gleichberechtigt nebeneinanderstehende Einteilungen durchaus angebracht.

Wir wollen die folgenden Klassifikationen daran messen, ob es ihnen gelingt, die w e s e n t l i c h e n Merkmale des technischen Fortschritts zu kennzeichnen.

---

1) Z.B. A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 3o2 ff;

H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 9o;

R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 312;

G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 225.

2) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 127.

II. 1. Neutral - arbeitssparend - kapitalsparend

Ott[1] gebührt das Verdienst, diese traditionelle Einteilung umfassend dargestellt und kritisiert zu haben. Wir können deshalb weitgehend auf seine Ergebnisse zurückgreifen.
Technischer Fortschritt ist n e u t r a l, wenn eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

a) Die Grenzproduktivitäten von Arbeit und Kapital im selben Verhältnis steigen /Hicks/,

b) die relativen Anteile der Faktoren am Sozialprodukt gleich bleiben, konstanter Zinssatz vorausgesetzt /Harrod, Robinson/,

c) die Intensität gleich bleibt, gemessen bei gleichen Preisen /Ott/.

Technischer Fortschritt ist folglich k a p i t a l - oder a r b e i t s s p a r e n d, wenn diese Neutralitätsbedingungen nicht erfüllt sind[2]. Auf die Wiedergabe dieses Sachverhalts wollen wir verzichten, da die Neutralitätsbedingung bereits alle für das Weitere wesentlichen Gesichtspunkte enthält.

---

1) A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 3o2 ff.
Vgl. auch H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 127, der grösstenteils Otts Klassifikation übernimmt.

2) Das Wort "-sparend" ist hierbei relativ und nicht absolut zu verstehen, d.h. das Attribut "-sparend" wird nur dem Faktor zugeordnet, von dem relativ m e h r gespart wird. Dieser möglicherweise irreführende Gebrauch wird von einigen Autoren (z.B. H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 137; W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 33) kritisiert, ohne daß sie jedoch einen praktikablen Gegenvorschlag anbieten. Da sich diese Begriffe einmal eingebürgert haben, sollte man sie, mit dem hier gemachten Hinweis, auch weiter verwenden.

Was den Zusammenhang der Klassifikationen anlangt, können wir auf die klare Abhandlung bei Ott[1] und Bombach[2] verweisen.

Gelingt es nun den vorgestellten Klassifizierungen wesentliche Merkmale des technischen Fortschritts einzufangen? Bevor wir eigene Überlegungen in dieser Richtung anstellen, ist es günstig, auf Otts Kritik an den übrigen Klassifikationen einzugehen. Ott empfindet es als Mangel, daß die W i r k u n g und nicht die U r s a c h e Gliederungskriterium ist und daß l i m i t a t i o n a l e Produktionsbedingungen nicht erfasst werden. Als Ergebnis dieser Kritik präsentiert Ott seine im Prinzip bereits wiedergegebene Klassifikation.

Die Einteilungen von Hicks, Harrod und Robinson orientieren sich tatsächlich nicht an den Ursachen des technischen Fortschritts; das gleiche gilt jedoch für Ott[3]. Seine Klassifikation frägt nicht, wie wird die Kostenersparnis verursacht, sondern auf welchen der Produktionsfaktoren wirkt sie stärker ein. Otts Kritik liesse sich also gegen ihn selbst kehren. Wir glauben allerdings, daß dieser Punkt nicht die Bedeutung besitzt, die Ott ihm beimisst, weil nicht einzusehen ist, w a r u m sich eine Klassifizierung nur an den Ursachen orientieren sollte.

---

1) A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 306.

2) G. Bombach, Wirtschaftswachstum, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 12, S. 773.

3) Diese Ansicht wird auch von H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 135, Index 2, vertreten.

Wesentlich aber erscheint uns Otts zweite kritische Anmerkung. Den limitationalen Produktionsfunktionen wird in der neueren Forschung allgemein ein hoher Erklärungswert zugebilligt.[1] Klassifikationen, die mit Grenzbegriffen arbeiten, können limitationale Produktionsfunktionen (z.B. vom Leontief-Typ) ex definitione nicht erfassen[2]. Otts Gliederung ist bei Produktionsfunktionen mit limitationalen und substitutiven Produktionsfaktoren gleichermassen anzuwenden und insofern den übrigen Klassifikationen überlegen.

Trotzdem kann seine Klassifikation nicht zufriedenstellen. Einen der wunden Punkte greift Walter auf, wenn er auf die neuen Produkte hinweist[3]. Ott versucht nicht, die neuen Produkte einzugliedern, obwohl sie eine wesentliche Erscheinungsform des technischen Fortschritts darstellen[4]. Walter sieht als Ausweg nur die Möglichkeit, die tatsächlich vorkommenden Formen des technischen Fortschritts kasuistisch aufzuzählen. Die weitere Diskussion wird erleichtert, wenn wir die Klassifizierungsvorschläge von Ott und Walter[5] verbinden.

---

1) Vgl. S. 24, Index 1 dieser Arbeit.

2) Ebenso H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 132.

3) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 134. Wir unterstellen im Weiteren, daß die neuen Produkte tatsächlich technischer Fortschritt sind (Vgl. S. 39 dieser Arbeit).

4) Vgl. hierzu S. 36 unserer Arbeit, insbesondere die Kritik von Lorenz an Ott.

5) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 139.
Wir berücksichtigen bei dieser Darstellung, daß es einmal eine klare Abgrenzung von "vorwiegend qualitätserhöhendem technischem Fortschritt" und "neue Produkte einführendem technischem Fortschritt" nicht gibt und von Walter auch nicht versucht wird, eine ungefähre Unterscheidung zu treffen, womit seine Punkte III und IV zusammenfallen (vgl. unsere Ausführungen auf S. 38).
Ferner wird hier auf die Trennung "produktionserhöhend - faktorsparend" (Walters Punkt I und II) verzichtet, weil dieses Klassifikationskriterium, sofern es überhaupt sinnvoll ist, (vgl. S. 52 dieser Arbeit), nichts mit den hier zu klassifizierenden Erscheinungsformen (neutral - arbeits- - kapitalsparend) zu tun hat.

Darstellung 8

Klassifikation des technischen Fortschritts
(Ott - Walter)

I.	Veränderungen im Input [1]		
	1. neutral	2. arbeitssparend	3. kapitalsparend
	$\frac{K}{A}$ = konstant (0)	$\frac{K}{A}$ steigt (↑)	$\frac{K}{A}$ fällt (↓)
		2.1. 2.2. 2.3.	3.1. 3.2. 3.3.
	$\frac{\dot{K}\downarrow}{\dot{A}\downarrow}$	$\frac{\dot{K}(0)}{\dot{A}\downarrow}$ $\frac{\dot{K}\downarrow}{\dot{A}\downarrow}$ $\frac{\dot{K}\uparrow}{\dot{A}\downarrow}$	$\frac{\dot{K}\downarrow}{\dot{A}(0)}$ $\frac{\dot{K}\downarrow}{\dot{A}\downarrow}$ $\frac{\dot{K}\downarrow}{\dot{A}\uparrow}$
II.	Veränderungen im Output		
III.	Veränderungen im Input und Output		

1) A = Arbeit (z.B. Anzahl der Arbeitsstunden)
K = Realkapital (z.B. Anzahl der Maschinen)
$\dot{K}/\dot{A}$ = Veränderungen dieser Grössen

Die Fälle 2.2. (3.2.) haben die Nebenbedingung, daß A(K) stärker fällt als K(A); bei Punkt 1 nehmen A und K mit der gleichen Rate ab.

In 2.3. (3.3.) gilt die Nebenbedingung:
$\dot{K} \cdot P_K < \dot{A} \cdot P_A$ ($\dot{K} \cdot P_K > \dot{A} \cdot P_A$); wobei P_A, P_K die Preise der Produktionsfaktoren darstellen.

Aber auch dieses Schema bleibt unbefriedigend. Vor allem Punkt III, die wohl häufigste Erscheinungsform des technischen Fortschritts[1], ist nicht wirklich klassifiziert, sondern nur der Vollständigkeit halber angehängt.

Der Haupteinwand gegen diese Klassifikation resultiert jedoch aus unserer Kritik der herrschenden Definition des technischen Fortschritts. Die hier ausgewiesene reale Kapitalintensität (realer Kapitaleinsatz : realem Arbeitseinsatz) ist in dieser Form als Gliederungskriterium des technischen Fortschritts nicht haltbar. Technischer Fortschritt verändert seinem W e s e n nach die Qualität der Produktionsfaktoren[2]. Wenn eine Klassifikation das Wesen des Sachverhalts, den sie klassifiziert, nicht ausschliessen will, muss jede Gliederung des technischen Fortschritts die Qualitätsveränderung berücksichtigen.

Bezeichnen wir deshalb die unterschiedlichen Produktionsfaktoren vor und nach dem technischen Fortschritt wieder mit K_o, K_1 bzw. A_o, A_1 sieht die Veränderung der realen Kapitalintensität (I_R) folgendermassen aus:

$$(a) \qquad I_R = \frac{K_1}{A_1} : \frac{K_o}{A_o}$$

---

1) G. Lassmann, Die Produktionsfunktion und ihre Bedeutung für die betriebswirtschaftliche Kostentheorie, a.a.O., S. 18; "Meist führen verschiedene Produktionsfaktorqualitäten zu Produkten unterschiedlicher Qualität".

J. Robinson, The Rate of Interest and Other Essays, a.a.O., S. 36; "...for if commodities change their nature (as indeed they often do) with their methods of production...".

Vgl. auch unser Hinweis S. 37 , Index 1, dieser Arbeit.

2) Vgl. S. 30 dieser Arbeit.

Die Änderung dieser realen Kapitalintensität (I_R) kann nun offensichtlich kein zweckmässiges Einteilungskriterium bilden. Um ein beliebiges Beispiel herauszugreifen, es würde sich die reale Kapitalintensität nicht verändern, wenn e i n Arbeiter (A_o sei gleich A_1) anstelle e i n e s Handbohrers (K_o) e i n e elektrische Bohrmaschine (K_1) verwendet.
Es ist unumgänglich, die Qualitätsunterschiede auf einen Nenner zu bringen. Ausgehend von unserem Definitionsvorschlag des technischen Fortschritts bieten sich hierzu die herrschenden Preise der Produktionsfaktoren an. Unter Einbeziehung dieser Preise lässt sich damit die Veränderung der Kapitalintensität definieren als[1]:

$$(b) \quad J_1/J_o = \frac{K_1 \cdot P_{K1}}{A_1 \cdot P_{A1}} : \frac{K_o \cdot P_{K_o}}{A_o \cdot P_{A_o}}$$

Die Veränderung dieser Kennzahl liefert uns das Kriterium für die Klassifikation des technischen Fortschritts. Demnach würden wir von n e u t r a l e m, a r b e i t s s p a r e n d e m oder k a p i t a l s p a r e n d e m technischem Fortschritt sprechen, wenn die Kapitalintensität (J) k o n s t a n t bleibt, s t e i g t oder s i n k t[2].

Damit können wir auch den neuen Produkten und der häufigsten Erscheinungsform des technischen Fortschritts, der Kombination neuer Produkte mit qualitativ veränderten Produktionsfaktoren, im Prinzip gerecht werden. Wir sind bei Aufstellung von Gleichung (b) davon ausgegangen, daß sich die Grössen (A_o, A_1, K_o, K_1) auf eine Einheit d e s s e l b e n

---

1) K_o, A_o sind die realen Einheiten der Produktionsfaktoren vor dem technischen Fortschritt, K_1, A_1 nach dem technischen Fortschritt; P_{K_o}, P_{A_o}, P_{K1}, P_{A1} die entsprechenden Preise. J bezieht sich auf eine Produkteinheit desselben Produktes.

2) Diese Aussage liesse sich analog der Darstellung bei Ott (vgl. S. 48 unserer Abhandlung, Darstellung 8, Punkt I) noch weiter aufspalten. Da hierdurch kein neuer Gedanke beigetragen wird, wollen wir darauf verzichten.

Produktes beziehen. Die qualitativ veränderten Produktionsfaktoren (A_1, K_1) können aber auch den Input von neuen Produkten beschreiben. In diesem Falle ist die Aussage, ein bestimmter technischer Fortschritt, verkörpert in einem neuen Produkt, sei neutral, arbeits- oder kapitalsparend, immer in Bezug auf das alte zum Vergleich herangezogene Produkt zu sehen. Als Vergleichskriterium bietet sich die Gleichartigkeit oder Ähnlichkeit des Verwendungszweckes an.

2. Produktionserhöhend - faktorsparend

Diese Klassifizierung klingt bereits bei Ott[1] an und wird in sehr engagierter Weise von Walter[2] vertreten. Nach Walter[3] lassen sich zwei "e x t r e m unterschiedliche Erscheinungsformen" des technischen Fortschritts erkennen. Es ist möglich, daß der technische Fortschritt

"a) die bisherige Ausbringung wesentlich vergrössert, also eine vorwiegend 'output increasing-innovation' ist und

b) die Realkosten der bisherigen Ausbringung wesentlich vermindert, also eine vorwiegend 'factor saving-innovation' darstellt".[4]

---

1) A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 311; "Die Einführung des technischen Fortschritts kann abhängig sein von einer bestimmten Betriebsgrösse und zwar derart, daß ein bestimmtes Produktionsverfahren nur im Grossbetrieb angewendet werden kann (z.B. Fliessband-Fertigung, Automation)".

2) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 127 ff. Er baut Otts Klassifikation in die obige Gliederung ein. Wir halten, wie bereits auf S. 47, Index 5 hingewiesen, diese Vermengung nicht für sinnvoll, weil beide Klassifizierungen eine unterschiedliche Zielsetzung zum Inhalt haben.

3) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 139. (Die Hervorhebung ist durch uns erfolgt).

4) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 138.

Diese Klassifikation halten wir nur dann für gerechtfertigt, wenn es diese"extrem unterschiedlichen Erscheinungsformen" tatsächlich gibt. Walter versucht jedenfalls nicht, diese Kernfrage seiner Klassifikation zu prüfen. Sicherlich sind Einzelfälle denkbar, als Allgemeinerscheinung möchten wir Walters Ansicht in Frage stellen. Wir vermuten, daß Walter hier die Klassifikation des technischen Fortschritts mit der Klassifikation der V e r h a l t e n s w e i s e n der Unternehmer b e i technischem Fortschritt verwechselt. Wir können das aufgeworfene Problem zwar nicht entscheiden, da es eindeutig eine Fragestellung an den Techniker ist, die apodiktische Formulierung bei Walter sollte jedoch nicht ohne Kritik bleiben. Setzen wir, der weiteren Argumentation willen, die Hypothese, Walters Klassifikation habe einen realen Hintergrund, so halten wir sie in zwei Punkten für ergänzungsbedürftig:

a) Zwischen faktorsparendem und produktionserhöhendem technischem Fortschritt muss ein neutraler technischer Fortschritt existieren. Ein technischer Fortschritt wäre in diesem Sinne[1)] neutral, wenn er gleichermassen faktorsparend und produktionserhöhend wirkt.

b) Die Stellung der neuen Produkte und insbesondere der Kombination neuer Produkte mit qualitativ veränderten Produktionsfaktoren innerhalb dieser Klassifikation ist erklärungsbedürftig. Will man, im Interesse einer umfassenden Klassifikation, Walters Unterscheidung auf diese Erscheinungsform des technischen Fortschritts anwenden, muss eine Einigung darüber erfolgen, was als Vergleichsprodukt (bisherige Ausbringung) zu betrachten ist. Als Kriterium hierfür bietet sich wiederum die Gleichartigkeit oder Ähnlichkeit des Verwendungszweckes an.

---

1) Das Wort "neutral" hat hier eine andere Bedeutung wie auf S. 45 dieser Arbeit.

I. 3. Autonom - induziert

Die Worte "autonom" und "induziert" werden im Zusammenhang mit dem technischen Fortschritt in verwandten, aber doch verschiedenen Bedeutungen gebraucht. Geht man von dem allgemeinen Begriffsinhalt der Ausdrücke "autonom" und "induziert" aus, ist der "in seinen Ursachen nicht erforschte und nicht beeinflussbare"[1] technische Fortschritt als autonom zu bezeichnen, der "ursachenabhängige" als induziert. Diese Unterscheidung wird jedoch zusehends an Bedeutung verlieren, da in jüngster Zeit, insbesondere unter den Schlagworten "Bildungsökonomik" und "embodied technical progress", die Ursachen des technischen Fortschritts als Untersuchungsobjekt der Nationalökonomie betrachtet werden.[2]

Die vorherrschende Bedeutung des Begriffes "autonomer" bzw. "induzierter" technischer Forschritt orientiert sich jedoch am Preissystem[3]. Danach wird der von Faktorpreisrelationen unabhängige technische Fortschritt als "autonom", der von Faktorpreisrelationen abhängige technische Fortschritt als "induziert" bezeichnet. Wir können den Sachverhalt im

---

1) G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, a.a.O., S. 47.

2) G. Bombach, Wirtschaftswachstum, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 12, 1965, S. 766 und 79o.

Hervorzuheben ist hier auch Schmooklers jüngste Arbeit, die in unkonventioneller Weise die Ursachen des technischen Fortschritts in das Zentrum ihrer Analyse stellt. J. Schmookler, Invention and Economic Growth, a.a.O..

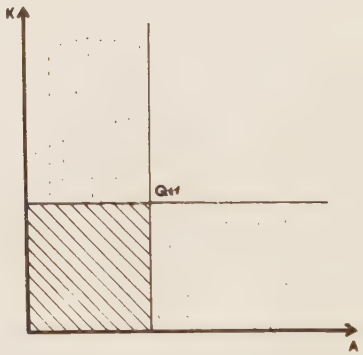
3) A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 31o; Ott selbst gebraucht nicht die Worte "autonom" oder "induziert", wird aber von Fleck hier mit Recht angeführt.

F. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 28.

G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, a.a.O., S. 59, Index 74.

Isoquantenschema leicht verdeutlichen:

Darstellung 9



Erklärung: A = Arbeit (z.B. Anzahl der Arbeitsstunden)

K = Realkapital (z.B. Anzahl der Maschinen)

Q_{t_1} = Produktion vor dem technischen Fortschritt. Q_{t_1} sei entweder ein beliebig herausgegriffener Punkt auf einer Produktionsfunktion mit substitutiven Produktionsfaktoren oder er bezeichne eine limitationale Produktionsfunktion.

Bereich des autonomen technischen Fortschritts

Bereich des induzierten technischen Fortschritt

Ermöglicht die Veränderung des technischen Horizonts (Q_{t_2}) eine Produktion innerhalb des schraffierten Bereiches

so "wird der technische Fortschritt ... immer realisiert, ... ganz gleichgültig wie die Faktorpreisrelation ist", ausserhalb des schraffierten Bereiches "hängt die Einführung des technischen Fortschritts ... von der jeweiligen Faktorpreisrelation ab"[1].

Auf dem Boden der h e r r s c h e n d e n Definition des technischen Fortschritts lässt diese Klassifikation zwei Sachverhalte offen:

a) Die neuen Produkte werden in dieser Klassifikation nicht berücksichtigt.

b) Der unterstellte Zusammenhang von Preisänderung (Ursache) und Einführung des technischen Fortschritts (Wirkung) ist auch in umgekehrter Richtung denkbar. So hat, um ein beliebiges Beispiel anzuführen, die Entdeckung der Atomspaltung die Preise für spaltbares Material erhöht. Dieser Sachverhalt wird in der vorgestellten Klassifizierung nicht bedacht.

Wir wollen jedoch diese Einwendungen nicht weiter verfolgen. Nach unseren Vorstellungen[2] ist das Preissystem für die Definition des technischen Fortschritts erforderlich; damit scheidet ein autonomer, von den jeweiligen Faktorpreisrelationen unabhängiger technischer Fortschritt e x d e f i n i t i o n e aus[3].

---

1) A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 31o.

2) Vgl. unsere Definition S. 43 bzw. Darstellung 7 a auf S. 35.

3) Will man die Veränderung der Preise für eine Klassifikation des technischen Fortschritts wieder ins Spiel bringen, kann man unterscheiden zwischen einer Veränderung des technischen Horizonts, die bei b e s t e h e n d e n Preisen technischer Fortschritt i s t und die durch eine nachträgliche Veränderung der Preise zum technischen Fortschritt w i r d. Wir halten diese Unterscheidung jedoch für wenig ergiebig, da sie über die Erkenntnis hinaus, daß der technische Fortschritt ein relativer Begriff ist, keine Aussage macht.

II. 4. Embodied - disembodied

Das Begriffspaar "embodied" und "disembodied" ist von Solow in die Diskussion über den technischen Fortschritt eingeführt worden:
"Shifts in technology can be divided into two kinds, which may be described as disembodied and embodied. Disembodied improvements in technique are purely organizational; they permit more output to be produced from unchanged inputs, with no investment required. Embodied improvements ... require the construction of new capital-goods".[1)]
Die meisten Autoren verstehen im Sinne Solows unter "embodied technical progress" einen "an den Investitionsprozess gebundenen Fortschritt"[2)]. Es handelt sich also um den Versuch, der Qualitätsveränderung des Faktors Kapital gerecht zu werden.
Die Darstellung des "disembodied" technischen Fortschritts wird in der Regel mit wenig überzeugenden Bemerkungen beiseite geschoben. Alles was nicht an den Investitionsprozess gebunden ist, wird schlechthin als "disembodied" betrachtet. Dieser Sprachgebrauch befindet sich jedoch nicht in Übereinstimmung mit dem zu beschreibenden Sachverhalt. Die qualitativen Verbesserungen

---

1) R.M. Solow, Substitution and Fixed Proportions in the Theory of Capital, in: Review of Economic Studies, Vol. 29, No. 8o, 1962, S. 216;
ebenso R.M. Solow, Investment and Technical Progress, a.a.O., S. 89 ff.

2) Ebenso: G. Bombach, Wirtschaftswachstum, a.a.O., S. 791;
F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 326;
G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, a.a.O., S. 54.

des Faktors Arbeit sind im gleichen Sinne "embodied" wie die des Produktionsfaktors Kapital. Klar wird dies von Intriligator[1] erkannt, wenn er in Erweiterung von Solows Gedanken den Begriff "embodied" auf eine "improved quality of factor inputs (b o t h labour and capital)" anwendet. In diesem Sinne möchten wir das Begriffspaar "capital-embodied" und "labour-embodied" als Kennzeichnung der möglichen Erscheinungsformen des technischen Fortschritts vorschlagen[2]. Diese Ausdrucksform steht im Einklang mit der in neueren Arbeiten[3] betonten Gemeinsamkeit von "investment in p h y s i c a l capital" und "investment in h u m a n capital". Gleichzeitig ist damit der wenig überzeugende

---

1) M. Intriligator, Embodied Technical Change and Productivity in the United States 1929 - 1958, in: Review of Economics and Statistics, 1965, S. 65; (Hervorhebung durch uns). Die "reorganization of industry", die Intriligator mit dem Begriff "disembodied" belegt, wird dem allgemeinen Sprachgebrauch zufolge allerdings nicht als technischer Fortschritt, sondern als Strukturveränderung betrachtet. (Vgl. S. 73 ff dieser Arbeit)

2) Selbstverständlich will diese rein begriffliche Trennung nicht bestreiten, daß beide Effekte in der Realität oft zusammenwirken. Die neuen Produkte lassen sich, sofern sie mit qualitativ veränderten Produktionsfaktoren kombiniert sind, ohne weiteres einordnen. Der theoretische Grenzfall der neuen Produkte bei qualitativ gleichen Produktionsfaktoren ist allerdings in dieser Klassifikation nicht systemgerecht einzuordnen.

3) T.W. Schultz, The Economic Value of Education, New York, 1963;

derselbe, Rise in the Capital Stock Represented by Education in the United States 1900 - 75, in: Economics of Higher Education, Washington, 1962, S. 93 ff.

F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., insbesondere S. 51.

Boon, Contribution to Economic Analysis, Amsterdam, 1964, S. 100.

Vgl. auch S.114 und S.115 dieser Arbeit, wo wir uns die Gemeinsamkeit beider Erscheinungsformen des technischen Fortschritts zunutze machen.

Sachverhalt beseitigt, daß bei Solows "disembodied technical progress" dieser Teil des technischen Fortschritts letztlich immer noch als "falling like manna from heaven"[1] erklärt werden muss.

Wir halten die hier vorgeschlagene Klassifikation für sehr wesentlich, weil sie die Begriffe liefert um von der einseitigen Betrachtung der "investment in physical capital" loszukommen. Die tatsächliche Bedeutung der "investment in human capital" kommt in der neuesten Arbeit von Riese sehr gut zum Ausdruck: "Ohne entsprechend ausgebildete Arbeitskräfte sind wirtschaftliche Entwicklung und technischer Fortschritt nicht möglich. Ja, die Wirtschaftsgeschichte der Nachkriegszeit scheint zu zeigen, daß Kapitalbildung zwar erforderlich ist, doch nicht mehr als s e k u n d ä r e Bedeutung hat".[2] Diese Aussage dürfte sowohl in den Entwicklungsländern wie in den speziellen deutschen Verhältnissen nach 1945 eine beispielhafte Bestätigung finden.

---

1) Hahn and Matthews, The Theory of Economic Growth: A Survey, a.a.O., S. 58.

2) H. Riese, Die Entwicklung des Bedarfs an Hochschulabsolventen in der Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden, 1967, S. 13. (Hervorhebung durch den Verfasser);

Vgl. hierzu auch die auf S.126 wiedergegebenen empirischen Ergebnisse.

III. Verwandte und als ausschliessend betrachtete Begriffe

Wir hatten uns eingangs entschlossen, den technischen Fortschritt von zwei Seiten her einzugrenzen: was ist der technische Fortschritt - was ist er nicht? Dieses Vorgehen wurde durch die in der Literatur übliche Behandlung unseres Themas nahegelegt und hat an dieser Stelle den Vorteil, nachträglich die Tauglichkeit der eigenen Definition zu prüfen.

Theoretisch könnte natürlich eine endlose Anzahl von Begriffen dem technischen Fortschritt gegenübergestellt werden. Praktisch ist nur eine Konfrontation mit verwandten, also leicht zu verwechselnden Phänomenen sinnvoll. Hierzu zählt die Literatur die Sachverhalte der Substitution, der returns to scale, der Strukturveränderung und der Veränderung der Produktivität.

III. 1. Substitution

Die Frage, ob technischer Fortschritt und Substitution dasselbe sind, völlig unterschiedliche Begriffe oder nur gelegentlich voneinander ab-

weichen, wird in der Regel mit wenig Überzeugungskraft behandelt[1].

Das Unbefriedigende der Auseinandersetzung sehen wir darin, daß die gegenseitigen Positionen nicht klar aufeinandertreffen. So arbeiten die zahlenmässig weit überlegenen Befürworter der Trennung beider Begriffsinhalte mit dem wenig tauglichen Instrumentarium der herrschenden Definition. Die Autoren, die dem "fundamentalen"[2] Unterschied von Substitution und technischem Fortschritt skeptisch gegen-

---

1) Die folgende Liste der Autoren ist ausführlicher gehalten, um unsere eingangs (S. 3) aufgestellte Behauptung zu belegen, daß die Definition des technischen Fortschritts im Grunde in seiner Abgrenzung zur Substitution gegeben wird.

G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 34o ff.

F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 28.

H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 46.

W. Möller, Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, a.a.O., S. 34 ff.

A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 3o3.

G. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 143.

K. Rose, Produktivität, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 8, 1964, S. 617.

W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 28.

G. Schätzle, Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, a.a.O., S. 56.

H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 147 ff.

2) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O.,S.34o "Bewegungen auf einer Kurve sollen unterschieden werden von Niveauverschiebungen der Kurve. Es geht um ein Identifikationsproblem. Die Unterscheidung der zwei Bewegungsformen ist fundamental und keine Spitzfindigkeit des Theoretikers."

überstehen, gehen nicht auf die Gegenargumente ein[1]. Was die Unterscheidung anhand empirischer Daten anlangt, sind die Ansichten über das statistisch Mögliche ziemlich weit voneinander entfernt.[2]

An dieser Stelle interessiert jedoch lediglich, ob technischer Fortschritt und Substitution t h e o r e t i sch verschiedene Sachverhalte beschreiben. Eine sinnvolle Gegenüberstellung von Substitution und technischem Fortschritt setzt eine klare Abgrenzung beider Begriffe voraus. Da der technische Fortschritt bereits behandelt ist, bleibt eine kurze Wiedergabe des allgemein bekannten Begriffes der Substitution.

---

1) N. Kaldor, A Model of Economic Growth, in: Economic Journal, Vol. 68, 1957, S. 596.
"It follows that any sharp or clear cut distinction between the movement along a 'production function' with a given state of knowledge and a 'shift in the production function' caused by a change in the state of knowledge is arbitrary and artificial."

Auch Hicks hält die Trennung für"somewhat tenuous". Hicks, Theory of Wages, London, 1932, S. 125.

Ähnlich H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 46.

2) So meint einerseits Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 147, "zwar liessen wir keinen Zweifel daran, daß die praktische Anwendbarkeit dieses 'analytical tool' im umgekehrten Verhältnis zu seiner theoretischen Bedeutung steht, insofern es kein exaktes Verfahren gibt, mit dessen Hilfe Fortschritts- und Substitutionseffekt voneinander isoliert und gemessen werden können."

Weit zuversichtlicher äussert sich K. Rose, Produktivität, a.a.O. S. 617, "Die in jüngster Zeit entwickelten Methoden der globalen Produktivitätsanalyse erlauben auch statistisch die Isolierung des technischen Fortschritts" (von der Substitution).

In Teil B, S. 1o1 ff gehen wir näher auf die statistischen Probleme ein.

Zunächst ist es in unserem Zusammenhang angebracht, zwischen einem weiteren und engeren Gebrauch des Wortes "Substitution" zu unterscheiden. Der Ausdruck "Substitution" wird gelegentlich schlechthin für Ersetzung verwendet und da alles Mögliche ersetzt werden kann, ergibt sich ein entsprechend vielgestaltiger Begriff.
So spricht Ott[1] von einer "Substitution alter durch neue Produkte" und Walter[2] von einer Substitution von "Kapitalgütern einer ganz bestimmten Art durch andere (bessere) Kapitalgüter". Da gleichzeitig neue Produkte und bessere Kapitalgüter als technischer Fortschritt definiert werden, ist rein sprachlich eine Unterscheidung von Substitution und technischem Fortschritt erschwert.

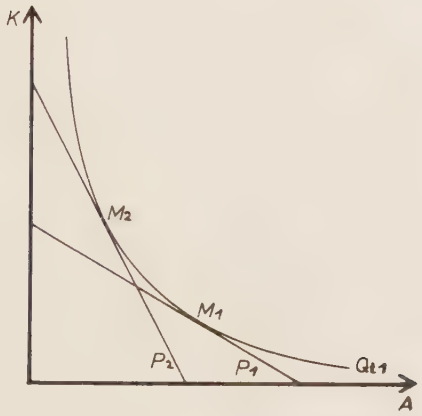
Im engeren Sinne versteht man unter Substitution die Ersetzung eines Produktionsfaktors durch den anderen bei gleichem Ausstoß und gegebenem technischem Horizont, also die Bewegung entlang einer Isoquante. Dieser Vorgang ist im Rahmen der Preistheorie die Reaktion auf Änderungen der Faktorpreise und lässt sich folgendermassen verdeutlichen.

---

1) A.E. Ott, Technischer Fortschritt, a.a.O., S. 303.

2) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 165.

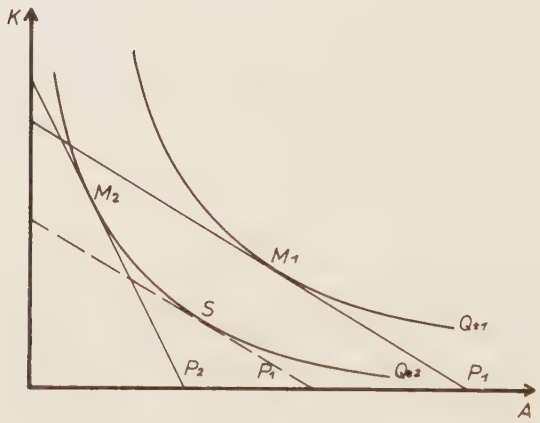
Darstellung 1o



Erklärung: Die Grössen Q, A, K sind wie bisher (vgl. S. 5) in "realen" Einheiten definiert. P_1 und P_2 bringen die Preisrelation von A und K zum Ausdruck, wobei P_2 eine relative Erhöhung des Faktorpreises von A bedeutet. M_1 bzw. M_2 beschreiben bei den jeweiligen Preisen von A und K das Kostenminimum.

Stellen wir diesem Begriff der Substitution die herrschende Definition des technischen Fortschritts im Isoquantenschema gegenüber, erhalten wir die übliche Art[1] der Konfrontation beider Begriffe:

Darstellung 11 a



Erklärung: Die Darstellung 11 a ist eine Kombination von Darstellung 1 (S. 5) und Darstellung 1o (S. 63). Die Grössen sind entsprechend definiert.

---

1) Eine ähnliche Darstellung finden wir z.B. bei:

G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 225.

F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 31.

W. Möller, Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, a.a.O., S. 37.

H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 151 ff.

Eine mögliche Bewegung von M_1 nach M_2 lässt sich formal einwandfrei in eine Verschiebung der Isoquante ($M_1 \rightarrow S$) und eine Bewegung entlang der neuen Isoquante ($S \rightarrow M_2$) aufspalten; technischer Fortschritt ($M_1 \rightarrow S$) und Substitution ($S \rightarrow M_2$) erscheinen als "analytically quite distinct"[1]. Rein darstellerisch betrachtet haben wir ja nichts anderes getan als die eben aus Zeichnung 1 (technischer Fortschritt) und Zeichnung 1o (Substitution) zusammengefügte Darstellung 11 a wieder zerlegt. Diese Trennung scheint so offensichtlich zu sein, daß die Frage auftaucht, wieso hier überhaupt das Wort von einer "Spitzfindigkeit des Theoretikers"[2] fallen kann.

Walter[3] glaubt nun, die eben wiedergegebene Trennung von Substitution und technischem Fortschritt sei "nur im Sonderfall eines neutralen technischen Fortschritts möglich". Reduzieren wir die vielen Darstellungen Walters auf das

---

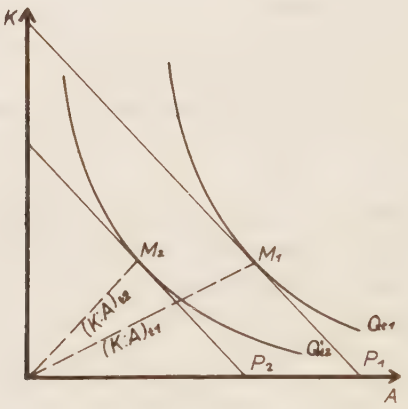
1) W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 24.

2) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 34o. "Die Unterscheidung der zwei Bewegungsformen ist fundamental und keine Spitzfindigkeit des Theoretikers".

3) H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 163.
Derselbe, Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, a.a.O., S. 1o8.
Walter stellt auf den Neutralitätsbegriff von Hicks ab. (Vgl. S. 45 dieser Arbeit).

Wesentliche, ergibt sich die nachstehende Skizze.

Darstellung 11 b



Erklärung: $Q^{!}_{t_2}$ sei nicht-neutraler (arbeitssparender) technischer Fortschritt.

Die Linie K : A beschreibt die Punkte konstanter Kapitalintensität.

Die übrigen Grössen sind wie in Darstellung 11 a (S. 64) definiert.

Walter zeigt lediglich, was ex definitione klar ist, daß nicht-neutraler technischer Fortschritt ($Q^{!}_{t_2}$) auf die Faktorintensität (K : A) genauso w i r k e n kann, wie eine durch Preisänderung hervorgerufene Substitution (Bewegung $M_1 \rightarrow M_2$ in Darstellung 1o auf S. 63).

Er bleibt den Beweis schuldig, daß Tatbestände mit gleicher W i r k u n g gleich sind[1].
Für die M e s s u n g von technischem Fortschritt und Substitution, die sich in der Regel nur an den Wirkungen beider Phänomene (z.B. auf die Arbeitsproduktivität) orientieren kann, ist dieser Tatbestand bedeutsam[2], für die hier diskutierte t h e o r e t i s c h e Unterscheidung ist Walters Einwand aber belanglos.

Der Unterschied von Substitution und technischem Fortschritt wird deutlicher, wenn wir von der unvollkommenen Definition des technischen Fortschritts als Verschiebung der Produktionsfunktion abgehen. Die ersten drei Phasen des technischen Fortschritts, die wir mit den Begriffen, Erfindung, Weitergabe und erstmalige Anwendung des neuen technischen Wissens umschrieben haben[3], unterscheiden sich deutlich von der Substitution. Die Abgrenzung der Substitution als Bewegung von einem Punkt auf einer bestimmten Isoquante zu einem anderen Punkt auf dieser Isoquante besagt ja, daß dieses Produktionsverfahren bereits bekannt ist und Anwendung gefunden haben muss.

---

1) W. Möller, Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, a.a.O., S. 39, spricht vermutlich denselben Sachverhalt an, wenn er bezüglich Walters Darstellung kritisch ausführt: "Es wäre daher unzweckmässig, hier wie dort sogleich wirtschaftliche Gleichgewichtssituationen miteinander zu vergleichen. Im Falle des technischen Fortschritts würde dann die Trennung der primären (rein technischen) und sekundären (wirtschaftlich-technischen) Effekte vereitelt."

2) Vgl. S.1o3, insbesondere Index 2 dieser Arbeit. Selbstverständlich ist der Tatbestand, ob der technische Fortschritt neutral oder nicht-neutral ist, insbesondere auch für die Verteilungstheorie interessant.

3) Vgl. Darstellung 4 auf S. 2o dieser Arbeit.

Die Unterscheidung zwischen der wiederholten Anwendung des neuen Verfahrens und der Substitution erscheint zunächst etwas schwierig. Auch die Substitution ist nichts anderes als eine weitere Anwendung einer irgendwann einmal erfundenen Produktionsmethode. Die Gemeinsamkeit beider Phänomene kann erhöht werden, indem die weitere Anwendung des technischen Fortschritts durch eine Preisveränderung begünstigt wird, also das auslösende Moment der Substitution zum Inhalt hat.
Trotzdem lässt sich auch diese Art des technischen Fortschritts von der Substitution klar abgrenzen. Die Substitution ist bei qualitativ u n v e r ä n d e r t e n Produktionsfaktoren definiert; technischer Fortschritt ist jedoch ohne Qualitätsveränderung der Produktionsfaktoren nicht denkbar. Dieses eindeutige Kriterium kann jedoch von der herrschenden Definition des technischen Fortschritts, ohne daß sie sich selbst untreu wird, nicht ins Feld geführt werden.

Allerdings möchten wir abschliessend darauf hinweisen, daß die praktische Bedeutung dieser Unterscheidung im umgekehrten Verhältnis zur Ausführlichkeit der theoretischen Diskussion steht. Kein Unternehmer wird im Zeitalter schneller technischer Veränderungen, der neoklassischen Gleichgewichtstheorie zuliebe, bei einer Umstellung substituieren, sondern er wird sich eine neue Position auf dem erweiterten technischen Horizont wählen. Insofern ist, um Kaldor[1)] wenigstens teilweise Recht zu geben, eine Trennung beider Begriffe "artificial".

---

1) N. Kaldor, A Model of Economic Growth, a.a.O., S. 596, bzw. S. 61, Index 1 dieser Arbeit.

III. 2. Returns to scale

Die returns to scale, häufig als Skalenertrag, economies of scale oder Niveaueffekt bezeichnet, beantworten die Frage, wie sich der Ausstoß bei proportionaler Vermehrung der Einsatzfaktoren verändert[1]. In der Literatur wird nun heftig darüber diskutiert, wie technischer Fortschritt und returns to scale mit statistischen Methoden zu trennen sind und ob increasing oder decreasing returns to scale die Wirklichkeit besser wiedergeben.

Unser Problem an dieser Stelle ist jedoch mehr grundsätzlicher Natur[2]. Offensichtlich ist eine Differenzierung nur sinnvoll, wenn es etwas zu differenzieren gibt, d.h. wenn returns to scale und technischer Fortschritt verschiedene Sachverhalte beschreiben; ein Gesichtspunkt, der in der Diskussion um die beste Messmethode untergegangen ist. Auf den ersten Blick ist der Unterschied zwischen beiden Begriffen auch recht einleuchtend.

In Zeichnung 12 haben wir, in Anlehnung an unser bisheriges Instrumentarium, die increasing returns to scale der üblichen Darstellung des technischen

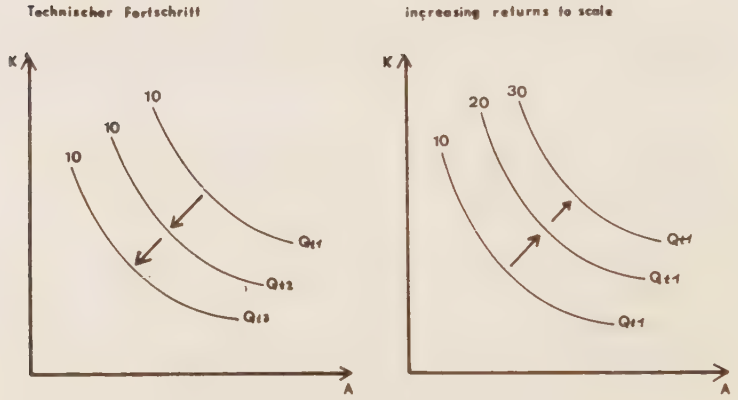
---

1) Helmstädter, Steigende Skalenerträge der deutschen Wirtschaft, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 1963, S. 494 ff, gibt eine sehr ausführliche Übersicht über die verschiedenen Begriffe, die noch zur Beschreibung der returns to scale Verwendung finden.

2) Vgl. Teil B, S. 1o6-1o9 , wo wir auf die statistischen Fragestellungen eingehen sowie die eben gemachten Ausführungen mit Literaturhinweisen belegen.

Fortschritts gegenübergestellt[1].

Darstellung 12



Erklärung: A und K sind wie bisher als qualitativ unveränderte Produktionsfaktoren Arbeit und Realkapital definiert. Die an den Isoquanten angetragenen Zahlen (1o, 2o, 3o) bezeichnen die unterschiedlichen Mengen des qualitativ unveränderten Produktes Q unter den Produktionsbedingungen des jeweiligen Zeitpunktes (t_1, t_2, t_3).

---

1) Eine inhaltlich deckungsgleiche Darstellung der returns to scale findet sich u.a. bei:

E. Gutenberg, Die Produktion , a.a.O., S. 3o2.

W. Krelle, Preistheorie, Tübingen, 1961, S. 59.

E. Schneider, Einführung in die Wirtschaftstheorie, a.a.O., S. 177.

Auch W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 35, Index 1 schlägt diese Art der Darstellung vor. Decreasing bzw. constant returns to scale lassen sich analog darstellen. Die Wiedergabe des technischen Fortschritts in Zeichnung 12 ist eine Erweiterung (Q_{t_3}) von Darstellung 1 auf S. 5.

Im Gegensatz zur herrschenden Definition des technischen Fortschritts bewegen wir uns bei den returns to scale "unter der Annahme gleichbleibender Technik - Zeit steht still"[1].

Gegen die Betrachtungsweise, wie sie in Darstellung 12 zum Ausdruck kommt, haben wir zwei Einwände. Einmal ist der technische Fortschritt in Zeichnung 12 unvollkommen abgegrenzt, zum anderen halten wir die Definition der increasing returns to scale für wenig überzeugend. Unsere Zweifel werden von Diwan bestätigt, wenn er schreibt: "No doubt like the term 'technological change', the term 'economies of scale' is an admission of our ignorance of the forces at work"[2].

Wir können uns nicht vorstellen, daß eine proportionale Vermehrung der Einsatzfaktoren Arbeit (A) und Realkapital (K) einen überproportionalen Ertrag (Q) ermöglicht. Auch Krelle[3] meint:"Man kann sozusagen neben eine bestehende Fabrik genau dieselbe Fabrik nocheinmal bauen und hätte dann logischerweise genau dasselbe Produkt nocheinmal". Woher sollte der

---

1) F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 297.

Ebenso Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 35. "Instead of comparing iso-product curves at different points of time we may compare iso-product curves at different outputs."

2) R.K. Diwan, Alternative Specifications of Economies of Scale, Economica, 1966, S. 452.

3) W. Krelle, Preistheorie, a.a.O., S. 6o.
Er führt als Erklärung der increasing returns to scale allerdings nicht wie wir qualitative Veränderungen der betrachteten Produktionsfaktoren an, sondern den Sachverhalt, daß nicht alle Faktoren, die für die Produktion eines Gutes von Bedeutung sind, explizit in Erscheinung treten. Dieser Gesichtspunkt ist jedoch mehr bei der Interpretation tatsächlicher Messungsergebnisse als bei einer theoretischen Diskussion relevant.

Mehr-Ertrag der increasing returns kommen, wenn nicht von qualitativ besseren Produktionsfaktoren?
So lassen auch die Beispiele, die unter anderen Stigler[1] zur Beschreibung der increasing returns to scale anführt, wenig Gemeinsamkeit zu der Definition erkennen, wie sie in Darstellung 12 wiedergegeben ist: "The labour force can specialize in more sharply defined functions; we can have economists who specialize in national income estimation... The transport system can be large enough to allow innumerable specialized forms of transport, such as pipelines particular types of chemical containers, and the like."

Um einen häufig zitierten Sachverhalt herauszugreifen, ist die hier angeführte Spezialisierung etwas anderes als eine qualitative Veränderung der Produktionsfaktoren? Wir sehen darin eine "Anwendung der Erweiterung des technischen Horizonts, die eine ökonomisch bessere Produktion erlaubt", also realisierten technischen Fortschritt, wie wir ihn definiert haben[2].

Möglicherweise ist der Tatbestand, den man mit den increasing returns to scale beschreiben w i l l, eine spezielle Erscheinungsform des technischen Fortschritts, weil er mit einer Erhöhung der Produktion gekoppelt ist.

---

1) G.J. Stigler, Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961, S. 61.

Ähnlich Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 152. Unter dem Begriff "Niveaueffekt" führt Reuß aus: "Erst der Übergang zu Spezialisierung, Mechanisierung und Automation ... Konsolidierung der Forschungstätigkeit und Anwendung wissenschaftlicher Methoden der Betriebsführung..".

2) Vgl. S. 43 dieser Arbeit.

In diesem Falle handelt es sich jedoch um eine Frage der Klassifikation des t e c h n i s c h e n F o r t s c h r i t t s und nicht um das Problem, den technischen Fortschritt von a n d e r e n Effekten zu trennen[1].

I. 3. Strukturveränderungen

Der Begriff "Strukturveränderung" wird in der Nationalökonomie recht vielseitig verwendet. So spricht man von Veränderungen der Einkommensstruktur, der Produktionsstruktur, der Altersstruktur, der Bilanzstruktur und ähnlichem mehr. Im Zusammenhang mit dem technischen Fortschritt wird in der Literatur der Ausdruck "Strukturveränderung" jedoch meist im Sinne von Veränderungen der Produktionsbedingungen verwendet[2]. Vorwiegend geht es hierbei um die Methode, diese Strukturveränderungen und den technischen Fortschritt mit statistischen

---

1) Eine mögliche Kennzeichnung dieser Art des technischen Fortschritts wäre Walters "produktionserhöhender technischer Fortschritt". Vgl. S. 51 ff dieser Arbeit. Walter ist sich allerdings des hier diskutierten Zusammenhangs nicht bewusst, zumindest lassen seine Ausführungen diesen Zusammenhang nicht erkennen.

2) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 337.

F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 7o.

R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, in: Konjunkturpolitik, 1959, 5. Jahrgang, S. 13.

H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., S. 113, 124.

G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 121.

K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 617.

Mitteln zu trennen[1].
Die grundlegende Frage, worin der Unterschied zwischen technischem Fortschritt und Veränderungen der Produktionsstruktur liegt, wird jedoch kaum analysiert. So drängt sich der fatale Eindruck auf, daß ähnlich wie bei den returns to scale, der Differenzierung willen differenziert wird[2]. Unsere Aufgabe wird also zunächst darin bestehen, den Begriff "Strukturveränderung" exakt zu definieren, um auf diese Art Gemeinsamkeiten oder Differenzen zum Sachverhalt des technischen Fortschritts zu erkennen.

Überraschenderweise findet sich bei den zitierten Autoren keine allgemeingültig formulierte Definition des Begriffes der Strukturveränderung. Man ergeht sich mehr in beschreibenden, beispielhaften Ausführungen; so wird vor allem die Abwanderung der Arbeitskräfte von Landwirtschaft und Bergbau in die Industrie angeführt.

Es bleibt nur die Möglichkeit, aus den tatsächlichen Messungen auf eine allgemeingültige Abgrenzung des Begriffes "Strukturveränderung" zu schliessen. Strukturveränderung ist demnach der Inbegriff der unterschiedlichen

---

1) Bombach steht einer solchen Trennung recht skeptisch gegenüber: "... und man muss wissen, daß es keine eindeutige Aufteilung auf Niveau- und Strukturkomponente gibt".
G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 339.

Die übrigen der im Index 2 zitierten Autoren auf S. 73 dieser Arbeit äussern sich weit zuversichtlicher, so z.B. K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 617, "Inzwischen sind die statistischen Techniken so weit verfeinert worden, daß über die theoretische Trennung hinaus, auch eine Messung möglich ist."

2) Boulding im Zusammenhang mit der Messung des technischen Fortschritts: "There is perhaps a tendency among statisticans to devise measures for their own sake, rather with a particular purpose in view.
K.E. Boulding, Some Difficulties in the Concept of Economic Input, in: Studies in Income and Wealth, Vol., 25, 1961, S. 340

Entwicklung ökonomischer Kennzahlen, in der Regel der Arbeitsproduktivität und der Kapitalintensität, in den üblichen volkswirtschaftlichen Aggregaten (Industrie, Landwirtschaft, Bergbau usw.). Einige Autoren weisen allerdings mit Recht darauf hin, daß der Struktureffekt umso bedeutsamer wird, je weiter man in der Disaggregation einer zu untersuchenden Gesamtheit fortschreitet[1]. So meint Bombach[2]: "Nicht einmal der Betrieb als kleinste statistische Einheit setzt hier eine Grenze." Führt man diesen Gedankengang konsequent zu Ende, ergibt sich das einzelne betriebliche Aggregat bzw. die einzelne Maschine als letztes Element einer Strukturanalyse. Auf der Basis dieser kleinsten betrieblichen Einheit lässt sich nun ein a l l g e m e i n g ü l t i g e r Begriff "Strukturveränderung" definieren:

Jede q u a l i t a t i v e oder q u a n t i t a t i v e Veränderung der Produktionsbedingungen der kleinsten betrieblichen Einheit bedeutet eine Strukturveränderung der Gesamtheit, sofern nicht der theoretische Grenzfall eintritt, daß alle übrigen Elemente dieselbe Veränderung durchmachen oder die Veränderungen sich gegenseitig aufheben.

---

1) z.B. G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 339. "Die Strukturkomponente gewinnt umso mehr an Bedeutung, je weiter man bei der Aufgliederung der grossen Aggregate vordringt;

F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 7o. "Jedoch steht fest, daß eine gesteigerte Disaggregation allgemein den Struktureffekt erhöht...".

2) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 339.

Erst anhand dieser Definition wird der Zusammenhang des Sachverhalts der Strukturveränderung und des technischen Fortschritts deutlich. Der Tatbestand der Strukturveränderung ist ausserordentlich weitreichend; mit Ausnahme der oben zitierten theoretischen Grenzfälle umfasst er unter anderem[1] die Substitution[2], die returns to scale[3] und natürlich den realisierten technischen Fortschritt[4].
Anders formuliert, jeder realisierte technische Fortschritt bedeutet eine Strukturveränderung, aber nicht jede Strukturveränderung realisierten technischen Fortschritt. Gegen eine Aufspaltung der Strukturveränderungen in verschiedene Komponenten ist also theoretisch nichts einzuwenden. Fragwürdig dagegen bleibt die tatsächlich erfolgte[5] Differenzierung des realisierten technischen Fortschritts in Struktureffekte und Nicht-Struktureffekte, da jeder realisierte technische Fortschritt eine Strukturveränderung zum Inhalt hat.

---

1) Wir sind am Begriff der Strukturveränderung nur insoweit interessiert, als er im Zusammenhang mit dem technischen Fortschritt steht. Wir sehen auch weiterhin von dem oben angeführten theoretischen Grenzfall ab.

2) Die Bewegung $M_1 \rightarrow M_2$ in Darstellung 1o (S. 63) ist als "quantitative Veränderung der Produktionsbedingungen" anzusprechen.

3) Da wir den Sachverhalt der increasing (decreasing) returns to scale als widersprüchlich abgelehnt haben, bezieht sich der obige Ausdruck nur auf die constant returns to scale.

4) Vgl. unsere Definition des technischen Fortschritts S. 43. Die Anwendung der Erweiterung des technischen Horizonts hat auch eine "qualitative Veränderung der Produktionsbedingungen der kleinsten betrieblichen Einheit" zum Inhalt. Wir stellen hier auf den realisierten Bereich ab, weil der Begriff der Strukturveränderung nur in diesem Sinne Verwendung findet.

5) R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industri Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 22.
Ebenso K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 617.
Wenn dort von "technischem Fortschritt" gesprochen wird, entspricht dies unserem Begriff des realisierten technischen Fortschritts.

III. 4. Produktivität

"Die Produktivitätsidee ist so alt wie die Wirtschaftswissenschaft selbst"[1]. "Die unfruchtbaren Streitereien um 'das Wesen der Produktivität'"[2] sind heute von einem "statistisch neutralen"[3] Konzept verdrängt, das an sich "nichts über den Sinn oder Unsinn, Zweckmässigkeit oder Unzweckmässigkeit der untersuchten Tatbestände aussagt"[4]. "Produktivität wird heute als Verhältnis zwischen Produktionsergebnis und Faktoreinsatz definiert"[5].

---

1) K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 613.
Ein guter historischer Überblick, auf dessen Wiedergabe wir im Rahmen unseres Themas verzichten dürfen, findet sich auch bei Reuß.
G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 12 ff; ebenso:
J.W. Kendrick, Productivity Trends in the United States, a.a.O., S. 3 ff.

2) K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 613;
ähnlich G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 325.

3) G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 3.
"Zum besseren Verständnis der kommenden Bemerkung sei vorausgeschickt, daß wir die "Produktivität" in Anlehnung an die moderne Praxis als statistisch neutrales Konzept auffassen;
ebenso K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 614.
"Mit dem heute verwendeten statistisch neutralen Produktivitätsbegriff ...".

4) G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 4.

5) In diesem Sinne äussern sich u.a.:
E. Gutenberg, Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Wiesbaden, 1958, S. 24.
J.W. Kendrick, Productivity Trends: Capital and Labor, in: Review of Economics and Statistics, 1956, S. 248.
K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 613.
G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 325.

Wir stehen diesem "statistisch neutralen" Konzept der Produktivität skeptisch gegenüber. Möglicherweise sagt dieser Produktivitätsbegriff "nichts über Sinn oder Unsinn ... der untersuchten Tatbestände"[1], sicherlich aber w i l l er darüber eine Aussage machen. Ein Begriff, der "nichts über Sinn oder Unsinn ... der untersuchten Tatbestände" aussagen w i l l, ist in unseren Augen schlechthin sinnlos. Das alte Problem, ob man die Produktivität letztlich nur an dem gestifteten Nutzen messen könne, lässt sich nicht so einfach "ausklammern"[2]. Auch der "statistisch neutrale" Produktivitätsbegriff muss unterschiedliche Qualitäten der Produkte und Produktionsfaktoren gewichten, d.h. praktisch mit Preisen versehen; aber mit welchen Preisen? Wenn Bombach[3] meint, daß der Aussagewert von Produktivitätskennzahlen "zweifelhaft" sei, "wenn die Faktorpreise keine Gleichgewichtspreise sind", dann werden "zentrale Fragen der W e l f a r e - Theorie angerührt", womit wir wieder beim "Wesen der Produktivität" angelangt wären.
Im Rahmen dieses Themas kann es jedoch nicht unsere Aufgabe sein, die Gedanken über einen sinnvollen Produktivitätsbegriff weiter zu vertiefen; der Hinweis, daß das "alte Problem" nach wie vor existiert, muss genügen.

---

1) G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 4.

2) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 325. "Das alte Problem ... wird ausgeklammert".

3) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 325. Es handelt sich hier im Grunde um dasselbe Problem wie bei der Definition des technischen Fortschritts (vgl. S. 33 dieser Arbeit).

Entsprechend dem Stand der h e u t i g e n Diskussion wollen wir dem technischen Fortschritt den "statistisch neutralen" Begriff der Produktivität, speziell der Erhöhung der Gesamtproduktivität, gegenüberstellen.
Die Gesamtproduktivität unterscheidet sich von der faktorbezogenen Produktivität insofern, als a l l e und nicht nur einer oder einige Input-Faktoren zum Output in Beziehung gesetzt werden[1]. Von der Wirkung her betrachtet sind der technische Fortschritt und die Erhöhung der Gesamtproduktivität nicht zu trennen; der technische Fortschritt hat ja definitionsgemäss[2] eine Erhöhung der Output-Input Relation zum Inhalt. Dieser Sachverhalt ist jedoch nur für die Messung, nicht für eine theoretische Unterscheidung relevant. Allgemein[3] wird die Erhöhung der Gesamtproduktivität als ein den technischen Fortschritt umfassender Tatbestand betrachtet. Vor allem die Substitution, die returns to scale, die Strukturveränderungen und die Veränderungen im Ausnutzungsgrad der vorhandenen Produktionsfaktoren gelten neben dem technischen Fortschritt als Bestimmungsfaktoren der Produktivität.

---

1) Vgl. G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 324.

G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 8.

K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 613.

In der angelsächsischen Literatur spricht man von "total productivity" und "partial productivity". Vgl. J.W. Kendrick, Productivity Trends: Capital and Labor, a.a.O., S. 248 ff.

2) Vgl. S. 43 dieser Arbeit.

3) Vgl. H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 116.

J.W. Kendrick, Productivity Trends in the United States, a.a.O., S. 11.

K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 617.

W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O.,S.45.

G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 148. Er widerspricht hier allerdings einer früher (S. 137, Index 32) gemachten Aussage, nach der "globale Produktivität definitionsgemäss mit technischem Fortschritt identisch ist".

Die Stellung von Substitution, returns to scale und Strukturveränderungen zum Begriff des technischen Fortschritts wurde bereits behandelt[1]. Der Sachverhalt der Veränderungen im Ausnutzungsgrad ist bisher nicht aufgetaucht. Die Ausnutzungsschwankungen stellen auch weniger ein theoretisches als ein empirisches Problem dar[2]. Theoretisch gilt beim Begriff des technischen Fortschritts nur der tatsächlich eingesetzte Produktionsfaktor als Input. Danach ist die Frage nach Veränderungen im Ausnutzungsgrad definitionsgemäss nicht mehr zu stellen.

Allgemein können wir als Ergebnis festhalten: Der heute übliche Begriff der Produktivität, speziell der Gesamtproduktivität, ist umfassender als der Sachverhalt des technischen Fortschritts. Nur bestimmte[3] Erhöhungen der Output-Input-Relation bzw., was dasselbe ist, der Gesamtproduktivität sind als technischer Fortschritt definiert.

---

1) Vgl. S. 59 - 77 dieser Arbeit.

2) Auf S. 1o9 ff dieser Arbeit behandeln wir diesen Fragenkreis unter dem Gesichtspunkt der Messung.

3) Vgl. S. 43 dieser Arbeit.

B Grundprobleme der Messung des technischen Fortschritts

Bei der Analyse der G r u n d probleme der Messung des technischen Fortschritts treffen wir eine Auswahl aus der Vielzahl der Probleme, die bei der empirischen Arbeit auftauchen. Wie Bombach[1] treffend bemerkt, ist die Messung des technischen Fortschritts "beinahe so etwas wie eine Modeerscheinung". Wie es Modeerscheinungen an sich haben, kommt man auch "bald zu einem Punkt, wo man es für richtig hält, von vorne anzufangen und das Problem erneut zu durchdenken".

Damit ist bereits ausgedrückt, daß es schwierig ist, die "richtigen" Fragen aufzuwerfen, und man leicht Gefahr läuft, an Symptomen herumzukurieren[2]. Eine Übersicht über die heute üblichen Meßkonzepte wird den weiteren Ablauf der Arbeit erleichtern.

I. Herrschende Meßkonzepte

In Darstellung 13 haben wir die heute verwendeten

---

1) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 321. Diese Aussage steht bei Bombach zwar unter der Überschrift "Produktivitätsmessung", er verwendet jedoch in diesem Artikel, wie eine Reihe anderer Autoren auch, die Ausdrücke "technischer Fortschritt" und "Gesamtproduktivität" gelegentlich synonym.

2) Ein typisches Beispiel hierfür ist der Versuch, die Produktionsfaktoren anhand ihrer künftigen Erträge zu gewichten (vgl. S. 117 ff dieser Arbeit).

Grundkonzepte zusammengestellt[1] (vgl. S. 83).

Wir unterscheiden zunächst zwischen Teilproduktivität, (insbesondere Arbeitsproduktivität[2]) und Gesamtproduktivität.

---

[1] Die Einteilung in der ersten Spalte lehnt sich an das übliche Vorgehen an:

z.B. G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 322 ff, dem wir uns auch in der Symbolik angeschlossen haben.

F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., insbesondere S. 324 - 334.

G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 1oo ff.

K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, (Vortrag, gehalten am 26. Januar 1967 an der Universität Fribourg/Schweiz), Ifo-Merkblatt I/1, 1967.

Ähnlich Fleck und Oppenländer haben wir dabei von der Wiedergabe der CES (Constant Elasticity of Substitution) Funktion abgesehen, weil sie mathematisch äusserst komplizierte Ausdrücke mit sich bringt, die einer empirischen Verifizierung im Wege stehen. Zur Lösung der Grundprobleme der Messung des technischen Fortschritts kann dieser Funktionstyp in seiner heutigen Form unserer Ansicht nach wenig beitragen.

So auch R. Nelson, The CES Production Function and Economic Growth Projections, Review of Economics and Statistics, 1965, S. 328. "The road to improvement in our presently very unsatisfactory growth theory must lie in other directions."

Selbst R.M. Solow, Investment and Technical Progress, a.a.O., S. 9o, meint: "... the particular functional form adopted for f is a matter of no great consequence."

Die mathematischen Relationen zwischen der im weiteren verwendeten CD (Cobb-Douglas) Funktion und der CES Funktion werden bei Helmstädter übersichtlich dargestellt. Helmstädter, Die Isoquanten gesamtwirtschaftlicher Produktionsfunktionen mit konstanter Substitutionselastizität, Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 1964, 176. Band, S. 177 ff.

[2] Theoretisch lassen sich soviele Teilproduktivitäten bilden wie man Produktionsfaktoren unterscheidet. Praktisch wird jedoch zur Messung des technischen Fortschritts in der Regel nur die Arbeitsproduktivität verwendet.

Darstellung 13

Grundkonzepte zur Messung des technischen Fortschritts

	Bezeichnung		
	Verbal	Formel	Vorzugsweise verwendet bei:
I.	Teilproduktivität		
	insbes. Arbeitsproduktivität	$\frac{Q_i}{Q_o} : \frac{A_i l_o}{A_o l_o}$	Krieghoff, Salter
II.	Gesamtproduktivität		
	1. Realkostenindex (Kendrick-Ott)	$\frac{Q_i}{Q_o} : \frac{A_i l_o + K_i r_o}{A_o l_o + K_o r_o}$	Kendrick, Ott, Reuß
	2. Produktionsfunktionen		
	2. 1. CD nach Tinbergen	$Q = A^m \cdot K^n \cdot c^t$	Tinbergen
	2. 2. CD nach Solow	$\frac{\dot{Q}}{Q} = m \frac{\dot{A}}{A} + n \frac{\dot{K}}{K} + \frac{\dot{F}}{F}$	Bombach, Solow Krengel, Ifo-Institut
	2.3. CD nach Nelson (Denison/Solow)	$\frac{\dot{Q}}{Q} = m(\frac{\dot{A}}{A}+q_A)+n(\frac{\dot{K}}{K}+q_K)+\frac{\dot{F}^*}{F^*}$	Nelson, Denison Solow, Fleck

Erklärung:
- A = Produktionsfaktor Arbeit (z.B. Anzahl der Arbeitsstunden)
- K = Produktionsfaktor Realkapital (z.B. Anzahl der Maschinen)
- Q = realer Ausstoß
- l = Preis für A (z.B. Lohnsatz)
- r = Preis für K (z.B. Zinssatz)
- q_A = Qualitätsverbesserung von A (z.B. durch bessere Ausbildung)
- q_K = Qualitätsverbesserung von K (z.B. durch neue effizientere Maschinen)

Die rein quantitativen Veränderungen von A und K sind durch Punkte bzw. Indices (i, o) ausgedrückt.

Die von einer Reihe von Theoretikern verschmähte A r b e i t s p r o d u k t i v i t ä t ist nach wie vor das dominierende Produktivitätsmass[1]. Fabricant meint: "It is a useful index if its limitations are recognised"[2]. Die Arbeitsproduktivität stellt im Gegensatz zur Gesamtproduktivität dem Ausstoß nur den Faktor Arbeit gegenüber. Eine Ersetzung des Faktors Arbeit durch den Faktor Kapital (Substitution) schlägt sich damit, auch ohne Erhöhung der Gesamtproduktivität, als eine Steigerung der Arbeitsproduktivität nieder[3]. "This is the chief objection to output per man hour as an indicator of productivity change" wie Kendrick[4] richtig ausführt. Dieser Nachteil wird aber gleichzeitig als die Stärke der Arbeitsproduktivität betrachtet. Sie kann, im Gegensatz zur Gesamtproduktivität, das Problem der Kapitalmessung, das Robinson[5] als "unlösbar" bezeichnet, umgehen. Allerdings stellen sich, wie wir später (vgl. S. 113 ff) noch sehen werden, der Messung des Arbeitseinsatzes im Grunde dieselben Schwierigkeiten entgegen wie der Kapitalmessung.

---

1) Wir denken hier insbesondere an die Praxis in der Industrie. Ein Blick durch die Geschäftsberichte grosser Firmen zeigt deutlich, welche Rolle die Arbeitsproduktivität heute noch spielt. Vgl. auch:
W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O.;
H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O.;
selbst J.W. Kendrick, Productivity Trends in the United States, a.a.O., arbeitet teilweise mit der Arbeitsproduktivität.
Bei i n t e r n a t i o n a l e n Vergleichen ist, wie die jüngste und wohl umfassendste Zusammenstellung auf diesem Gebiet, OECD, Productivity Measurement, Vol. III, Paris, 1966, zeigt, bisher n u r die Arbeitsproduktivität erreichbar (vgl. auch Darstellung 17 a, S. 98 dieser Arbeit).

2) S. Fabricant, Productivity Trends in the USA, Princeton, 1961, S. x1.

3) Wir werden später (vgl. insbesondere S. 1o5/1o6) sehen, daß der Fehlerbereich der hierdurch entstehen kann, nicht zu vernachlässigen ist.

4) J.W. Kendrick, Productivity Trends: Capital and Labor, a.a.O., S. 248.

5) J. Robinson, Die Akkumulation des Kapitals, a.a.O., S. 141. "Die Bewertung eines Kapitalgüterstocks ist das verwirrendste Problem in der Analyse, das wir vornehmen. In der Wirklichkeit ist dieses Problem unlösbar".
Vgl. auch R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 314. "The capital time series is the one that will really drive a purist mad."

Zur Darstellung der G e s a m t p r o d u k t i v i t ä t verwendet man im allgemeinen den Realkostenindex bzw. die Produktionsfunktionen. Der Unterschied beider Konzepte ist allerdings gering und im Vergleich zu den sonstigen Problemen zu vernachlässigen[1].

Die CD-Funktion nach S o l o w ist eine Modifikation der ursprünglichen CD-Funktion von T i n b e r g e n,

---

1) So schreibt Bombach, speziell auf die CD-Funktion nach Solow abgestellt, "auch dem K e n d r i c k - O t t - Verfahren liegt die Vorstellung einer Produktionsfunktion zugrunde, und zwar in ihrer einfachsten Gestalt: der linearen Relation. Solow war bestrebt, von der Linearität loszukommen, langt aber schliesslich bei einer linearen Approximation an die Cobb-Douglas'sche Exponentialfunktion an. Der einzige rechnerische Unterschied in den beiden Varianten besteht darin, daß bei Solow die drei Komponenten additiv miteinander verbunden sind, während beim anderen Verfahren Quotienten (Messziffern) gebildet werden.
G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 329.

In diesem Sinne äussert sich auch H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 15 ff.

F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 319, bringt eine Gegenüberstellung der CD-Funktion und der Kendrick-Ott-Methode mit hypothetischen Zahlen. Innerhalb von 5 Jahren ergibt sich hierbei eine Differenz von ca. 6 % im Ausmaß des errechneten technischen Fortschritts.

Die Berücksichtigung der Qualitätsveränderung (q_A, q_K), die Nelson anhand der CD-Funktion vornimmt, überträgt Fleck auch auf den Realkostenindex. Da hierdurch keine neuen Erkenntnisse beigetragen werden, wollen wir von dieser Methode absehen.

die eine bessere empirische Verifikation erlaubt[1].
Die CD-Funktion nach Nelson[2] bezeichnet Fleck[3] mit Recht als Kombination der von Denison[4] und Solow[5] in neueren Arbeiten gemachten Vorschläge. Beide Autoren versuchen die Qualitätsverbesserungen der Produktionsfaktoren zu berücksichtigen und zwar Denison in Bezug auf den Faktor

---

1) R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 312.
Die Modifikation besteht darin, daß Solow die bei Tinbergen als Hauptzweck gedachte Bestimmung der Produktionselastizitäten m und n als gegeben annimmt (nämlich als Einkommensanteile der Produktionsfaktoren) und den technischen Fortschritt somit als Restgrösse erhält.
Durch diese Vereinfachung sind keine multiplen Korrelationsrechnungen mehr erforderlich. Sehr ausführlich wird der Weg von der CD-Funktion in ihrer ursprünglichen Form zur modifizierten Darstellung bei Solow von Fleck beschrieb
F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 293.

Vgl. auch G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 328.

Ebenso H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 1oo.

2) R.R. Nelson, Aggregate Production Functions and Medium-Range Growth Projections, in: American Economic Review, Vol. 54, 1964, S. 575 ff.

3) F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 33o.

Ebenso K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., insbesondere S. 7, dem wir uns in der Terminologie weitgehend angeschlossen haben.

4) E.F. Denison, Education, Economic Growth and Gaps in Information, in: The Journal of Political Economy, Suppleme Oktober 1962, S. 124 ff;

derselbe: The Sources of Economic Growth in the United Stat and Alternatives Before Us, in: Committee for Economic Development, Supplementary Paper, No 13, New York, 1962.

5) R.M. Solow, Investment and Technical Progress, a.a.O.,S.89f

derselbe: Technical Progress, Capital Formation and Economi Growth, a.a.O., S. 76 ff.

Arbeit, Solow bezüglich des Faktors Kapital[1]. Damit wird natürlich die Restgrösse $(\frac{\dot{F}^*}{F^*})$ ceteris paribus kleiner als in Solows ursprünglicher CD-Funktion $(\frac{\dot{F}}{F})$.

Auf diese Weise haben wir in grossen Zügen eine Bestandsaufnahme dessen, was gemeinhin als "Messung des technischen Fortschritts" gilt, vorgenommen. Mit dieser Bestandsaufnahme im Hintergrund lässt sich der eigene Standort bei der nur folgenden Analyse der Grundprobleme der Messung des technischen Fortschritts besser ausmachen.

---

1) In der Formel von Nelson (Denison/Solow) in Darstellung 13 äussert sich dieses Vorgehen, was den Faktor Arbeit betrifft, in der Grösse q_A, welche die Steigerung der Arbeitsqualität ausdrücken soll und als Korrekturposten der rein quantitativen Veränderung des Arbeitseinsatzes $\frac{\dot{A}}{A}$ zu werten ist. Entsprechendes gilt bezüglich des Faktors Kapital für den Korrekturwert q_K.

Da wir nur die Grundprobleme der Messung diskutieren, haben wir Nelsons Funktion auf das hier Wesentliche reduziert. Ausführlicher geschrieben, sieht die Qualitätsveränderung des Faktors Kapital folgendermassen aus:

$$n \cdot q_K \cdot n_{t-1} \cdot (\frac{\dot{K}}{K} + d)$$

Die Qualitätsveränderung bezieht sich nur auf das neue Kapital, womit das Verhältnis des neuen zum gesamten Kapital $(\frac{\dot{K}}{K} + d)$ zu berücksichtigen ist. (Die Grösse d bezeichnet den Abschreibungssatz).

Die Haupteinflussgrösse von q_A ist die verbesserte Ausbildung; daneben zieht Denison noch Veränderungen in der Alterspyramide und in der Geschlechtsverteilung heran.

II. Gegenüberstellung von Begriff und Messkonzepten

Können die vorgestellten Meßkonzepte dem Begriff des technischen Fortschritts gerecht werden und wenn nicht, in welcher Richtung sind Verbesserungen anzubringen?
Die getrennte Analyse von Begriff und Messung des technischen Fortschritts erlaubt es, die Diskrepanz zwischen dem Sachverhalt, den man misst und den man zu messen beabsichtigt, klar herauszuarbeiten. Ausgehend von unserer Abhandlung in Teil A wollen wir zwei wesentliche Probleme diskutieren.

II. 1. Potentieller und realisierter technischer Fortschritt

Es hat sich als zweckmässig erwiesen, vier Erscheinungsformen des technischen Fortschritts zu unterscheiden: den technischen Fortschritt, der mit einer Erweiterung des technischen Horizonts verbunden ist, die Verbreitung dieser Erweiterung sowie die erstmalige und wiederholte Anwendung des erweiterten technischen Horizonts[1].

Die vorgestellten Grundkonzepte zur Messung des technischen Fortschritts lassen eine derartige Differenzierung nicht erkennen. Sie versuchen lediglich, die realisierte Produktivitätsveränderung zu messen, sind also bestenfalls, wenn dieser Versuch gelingt, eine Richtgrösse[2] für den

---

1) Vgl. Darstellung 4 auf S. 2o dieser Arbeit.

2) Richtgrösse deshalb, weil der technische Fortschritt nicht einfach als Produktivitätsveränderung definiert ist (vgl. S. 59 - 8o dieser Arbeit).

r e a l i s i e r t e n technischen Fortschritt, wobei auf eine Unterscheidung zwischen der "innovation" und der "diffusion of innovation" verzichtet wird.

Der p o t e n t i e l l e technische Fortschritt wird von den herrschenden Meßkonzepten überhaupt nicht erfasst.

Diesen Sachverhalt sprechen, vermutlich auf Grund der herrschenden Begriffsverwirrung, nur wenige Autoren klar an[1]. Differenzierende Messungen sind äusserst selten und nur für Teilbereiche vorgenommen worden[2].

---

1) z.B. H. Krieghoff, Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, a.a.O., insbesondere S. 63 - 66, geht auf die Unterscheidung von innovation - diffusion of innovation ein.

Ähnlich W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 6.

G.J. Stigler, Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, a.a.O., S. 54. "So we must recognize that even if there are no ideas new to the economy there can be large encreases or decreases in the average knowledge of entrepreneurs". Er weist also auf den Unterschied zwischen der Erweiterung und Weitergabe des erweiterten technischen Horizonts hin.

2) z.B. W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 6; (vgl. Darstellung 15, S. 91 dieser Arbeit).

Du Boff, Electrification and Capital Productivity. A Suggested Approach, in: Review of Economics and Statistics, 1966, S. 426 ff.
Er versucht, die Einflussgrössen ("the precise link"), die zwischen der Erweiterung des technischen Horizonts und dessen Anwendung liegen, anhand der Elektrifizierung in den USA zu messen.

In Darstellung 14 haben wir unsere Argumentation anhand eines quantitativen Konzeptes verdeutlicht.

Darstellung 14

Beispiel einer differenzierenden Messung des technischen Fortschritts:

P o t e n t i e l l e r technischer Fortschritt durch:		R e a l i s i e r t e r technischer Fortschritt durch:	
$t_1 \longrightarrow t_2$		$t_3 \longrightarrow t_4 \longrightarrow$ Zeit [1]	
Erweiterung des technischen Horizonts	Weitergabe des erweiterten technischen Horizonts	erstmalige Anwendung	weitere Anwendungen
↓	↓	↓	↓
Anzahl der erteilten Patente	Anzahl der vergebenen Lizenzen	Produktivitätsveränderung des Industriebesten	Produktivitätsveränderung des Industriedurchschnitts

Beginnen wir mit der Unterscheidung innerhalb des r e a l i s i e r t e n technischen Fortschritts in erstmalige und weitere Anwendung des neuen technischen Wissens. Beispielhaft sei einer der sporadischen Mess-

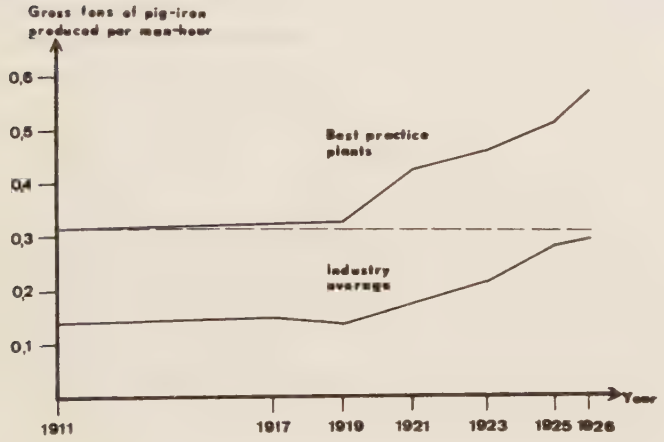
---

[1] Die hier schematisch wiedergegebene zeitliche Abfolge kann auch einen anderen Verlauf nehmen, z.B. können t_1 und t_3 zusammenfallen; generell dürfte jedoch die Entwicklung nach Darstellung 14 vor sich gehen.

versuche[1)] wiedergegeben:

Darstellung 15

Best and average practice labor productivity in the United States blast-furnace industry, selected years from 1911 to 1926.



1) W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 6. Wir haben Salters Zahlen zur Verdeutlichung in ein Diagramm übertragen.

Der durchschnittliche Betrieb hinkt also mit mehr als 15 Jahren (1911 - 1926) Rückstand dem technischen Status des Spitzenreiters nach[1]. Von unserer eigenen Erhebungsarbeit[2] her betrachtet, erscheint Salters Beispiel nicht als Einzel- sondern als Regelfall.

Dieser Tatbestand wird dann klar, wenn man den Weg von der erstmaligen Anwendung eines neuen technischen Wissens an Einzelbeispielen verfolgt[3]. Aber auch Überlegungen rein ökonomischer Natur können die Zeitspanne zwischen erstmaliger und breiter Anwendung des neuen technischen Wissens erklären. Sehen wir davon ab, daß in der Praxis selten so genau zu errechnen ist, ob das neue Verfahren tatsächlich effizienter arbeitet, nützt die Erkenntnis, daß die neue Entwicklung kostengünstiger produziert, wenig, wenn es z.B. an den Finanzierungsmitteln fehlt oder wenn Patentrechte der Übernahme entgegenstehen. Das grösste Hindernis sehen wir jedoch in den alten, in der Regel noch voll betriebsfähigen Anlagen, die - gekoppelt mit der Spekulation, vielleicht eine technische Entwicklungsstufe überspringen zu können - einen konstanten Verzögerungsfaktor bei der Ausbreitung neuen technischen Wissens darstellen[4].

---

1) In dieser Aussage ist unterstellt, daß die Veränderung der Arbeitsproduktivität als Ausdruck des technischen Fortschritts zu verwenden ist (vgl. S. 84 dieser Arbeit).

2) Im Rahmen meiner Tätigkeit im Ifo-Institut konnte ich ca. 15 Industriebetriebe aller Grössenordnungen für die Dauer von durchschnittlich 2 - 3 Wochen im Hinblick auf technische Umstellungsprozesse untersuchen.

3) So liest sich z.B. R. Houltons Bericht über die Ausbreitung von zwei wesentlichen technischen Neuerungen im Funkwesen mehr wie ein Kriminalroman.
R. Houlton, The Process of Innovation: Magnetic Recording and the Broadcasting Industry in the USA, in: Bulletin, Oxford University Institute of Economics and Statistics, Vol. 29, No 1, Februar 1967, S. 41 ff.

4) So wird das deutsche Wirtschaftswunder nicht zuletzt darauf zurückzuführen sein, daß nach dem Kriege praktisch keine alten Anlagen mehr vorhanden waren.

Die quantitative Analyse des p o t e n t i e l l e n technischen Fortschritts gestaltet sich jedoch noch weitaus schwieriger. Die Anzahl der Patente bzw. die auf Grund dieser Patente vergebenen Lizenzen sind sicherlich ein unvollkommenes Mass. Der Haupteinwand[1], daß Qualitätsunterschiede der einzelnen Patente nicht berücksichtigt werden, sollte jedoch nicht zu einer Ablehnung dieser Methode führen. Einmal ist, wie Darstellung 16[2] zeigt, eine Gewichtung der Patente denkbar, zum andern kann auch die Anzahl (Number) der Patente eine brauchbare Richtgrösse abgeben.

---

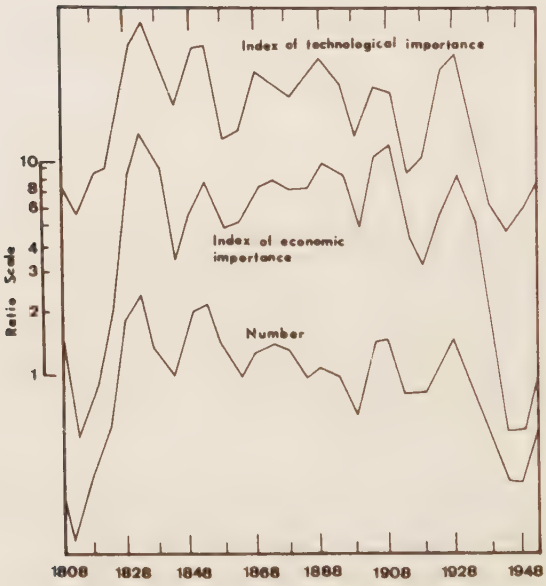
1) So unter anderem Maclaurin, der als einer der ersten auf die hier diskutierte Möglichkeit hinwies: "I believe that something can be done with these records, but they have to be used with care. To begin with, a distinction ought to be made where possible between basic patents and improvement patents".
W.R. Maclaurin, The Sequence from Invention to Innovation and Its Relation to Economic Growth, in: Quarterly Journal of Economics, 1953, Vol. 67, S. 1o3.

2) Die Darstellung ist dem Buch von Schmookler entnommen. Die Gewichtung ergibt sich im Prinzip folgendermassen: "Each invention received a weight opposite to its rank according to each criterion. Thus, the economically most important invention received a weight of 1oo on the index of economic importance, the second most important invention a weight of 99 and so on." Allerdings weist Schmookler darauf hin, daß der Fehlerbereich sehr gross ist. Die Kriterien für die Gewichtung (d.h. für die Frage, warum eine bestimmte invention "most important" ist) sind nicht angegeben.

J. Schmookler, Invention and Economic Growth, a.a.O., S. 75 sowie S. 251.

Darstellung 16

The Hundred Most Important Railroad Inventions
(Decade Totals Overlapping by Five Years)



Aber selbst wenn es gelingt, die Qualitätsunterschiede der einzelnen Patente in den Griff zu bekommen, bleibt noch eine stattliche Reihe von Problemen, an der Spitze der Tatbestand, daß nicht alle neuen Gedanken patentiert werden und vermutlich nur ein Teil der Verbreitung des neuen technischen Wissens den Weg über die Vergabe von Lizenzen nimmt. Andererseits ist Schmookler[1] wohl kaum zu widersprechen: "Unfortunately, in most instances the choice is not between patent statistics and better data, but between patent statistics and no data".

Wie immer man die einzelnen Stadien des technischen Fortschritts misst, von grundlegender Bedeutung ist, daß man sie überhaupt erkennt und sich nicht von Meßkonzepten, die letztlich auf einer verschwommenen Begriffsbildung beruhen, zu fehlerhaften Entscheidungen verleiten lässt.
Wir denken hier konkret an die heute so beliebte Gegenüberstellung von Ausgaben für Forschung und Entwicklung (Research and Development) und Produktivitätsrelationen. "Somit müsste sich - nach der herrschenden Auffassung über die entscheidenden Wachstumsfaktoren - ein wesentlich höherer Aufwand für Forschungs- und Entwicklungsarbeit in einer Volkswirtschaft (dies im internationalen wie im Zeitvergleich) in wesentlich höheren gesamtwirtschaftlichen Produktivitätsfortschritten niederschlagen"[2].

Wenn überhaupt, so beeinflussen die R und D-Ausgaben

---

1) J. Schmookler, Invention and Economic Growth, a.a.O., S. 198.

2) F.J. Claus, Forschungsaufwand, technischer Fortschritt und Produktivitätsfortschritt im internationalen Vergleich, in: Ifo-Schnelldienst, 7. April 1967, Heft 14, S. 7. Claus beurteilt diese Ansichtkritisch, wobei allerdings seine Gegenüberstellung auf S. 1 wenig glücklich ist, da er Produktivitäts- und Produktwachstum verwechselt, sowie den Forschungsaufwand von 1962 mit dem "Produktivitätswachstum" von 1950 - 1962 konfrontiert, also eine zeitlich kaum sinnvolle Beziehung nahelegt.

die Erweiterung des technischen Horizonts[1]. Der Weg von einer Erweiterung des technischen Horizonts bis zur verbreiteten Anwendung des neuen Wissens, mit dem Resultat einer Veränderung der Produktivitätsrelationen, ist von so vielen Komponenten bestimmt, daß die unterstellte Kausalverbindung wenig aussagekräftig ist.

So halten wir die Mentalität der einzelnen Völker und das, was man als Zeitgeist zu bezeichnen pflegt, für die wesentliche Einflussgrösse der Verbreitung und Anwendung neuen technischen Wissens. Ott[2] weist z.B. darauf hin, daß das 16. und 17. Jahrhundert in Europa zwar erfindungsfreudig war, jedoch keine Nutzanwendung daraus zog. In krassem Gegensatz dazu steht die heute betriebene "Zweckforschung" in der Industrie. Selbstverständlich gehört zu diesem Einflussbereich auch das Vorherrschen des jeweiligen Unternehmertyps; Schumpeters Pionier ist die Idealgestalt für eine rasche Durchsetzung des technischen Fortschritts.

---

1) In einer der wenigen empirischen Analysen kommt Mansfield u.a. zu folgendem Ergebnis: "... holding size of firm constant, the number of significant inventions carried out by a firm seems to be highly correlated with the level of its R & D expenditures." E. Mansfield, Industrial Research and Development Expenditures, Determinants, Prospects and Relations to Size of Firm and Inventive Output, in: The Journal of Political Economy, August 1964, S. 338. (Siehe auch S. 99.

Wesentlich vorsichtiger ist das Ergebnis der jüngsten Studie des Ifo-Institutes abgefasst: "Wie die Untersuchungen zeigten, ist jedoch eine quantitative Aussage über diesen Zusammenhang (siehe Titel, der Verf.) ausserordentlich schwierig, wenn nicht unmöglich."

Oppenländer, Hatzold, Schworm, Forschung und Wirtschaftswachstum, Verbreitung der numerischen Maschinensteuerung und Auswirkung der Verwendung von Kunststoffen in der Bundesrepublik Deutschland, veröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Hohen Behörde in Luxemburg, München, Mai 1967, S. 168.

2) A.E. Ott, Der technische Fortschritt, a.a.O., S. 303.

Die Patent-Gesetzgebung, aber auch das Geschäftsgebaren, sind bestimmend für die Weitergabe von Erfindungen. In Bezug auf das Geschäftsgebaren denken wir an das als informationsfreudig geltende Unternehmerverhalten in den USA einerseits und den sprichwörtlichen deutschen "Geheimhaltungskomplex"[1] auf der anderen Seite. Von grösster Bedeutung ist auch die Gestaltung der modernen Finanz- und Geldpolitik des Staates; Investitionsneigung und Investitionsmöglichkeit entscheiden über die Anwendung neuen technischen Wissens.

Abschliessend seien beispielhaft zwei Vergleiche wiedergegeben, die im Einklang mit unseren Überlegungen keine Beziehungen zwischen Forschungsaufwand und Produktivitätswachstum erkennen lassen. Darstellung 17 b legt allerdings eine Verbindung zwischen Ausgaben für Forschung und Entwicklung und einer Erweiterung des technischen Horizonts nahe[2].

---

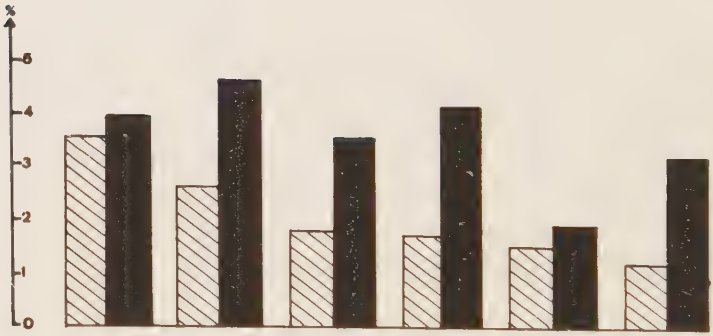
1) W. Krelle, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, einschliesslich input-output-Analysen, mit Zahlen für die Bundesrepublik Deutschland, Berlin, 1959, S. 7

Um ein Beispiel aus unserer Erhebungstätigkeit zu nennen, so hat ein weltbekanntes Unternehmen der Fahrzeugindustrie b e w u s s t falsche Umsatzzahlen geliefert und dies bei einer Untersuchung, die, angeregt durch die Bundesregierung, von Arbeitgeber- und Arbeitnehmerseite befürwortet, unter dem Siegel strengster Geheimhaltung abgewickelt wurde.

2) Wie auf S. 9o, Darstellung 14, ausgeführt, ist die Anzahl der erteilten Patente eine denkbare Maßgrösse für die Erweiterung des technischen Horizonts.

Darstellung 17 a

Forschungsaufwand und Produktivitätsfortschritt[1)]



USA | Gross-britt. | Frank-reich | Nieder-lande | BRD | Belgien

Erklärung:

Forschungsausgaben im Jahre 1962 in Prozenten des Bruttosozialproduktes zu Faktorkosten

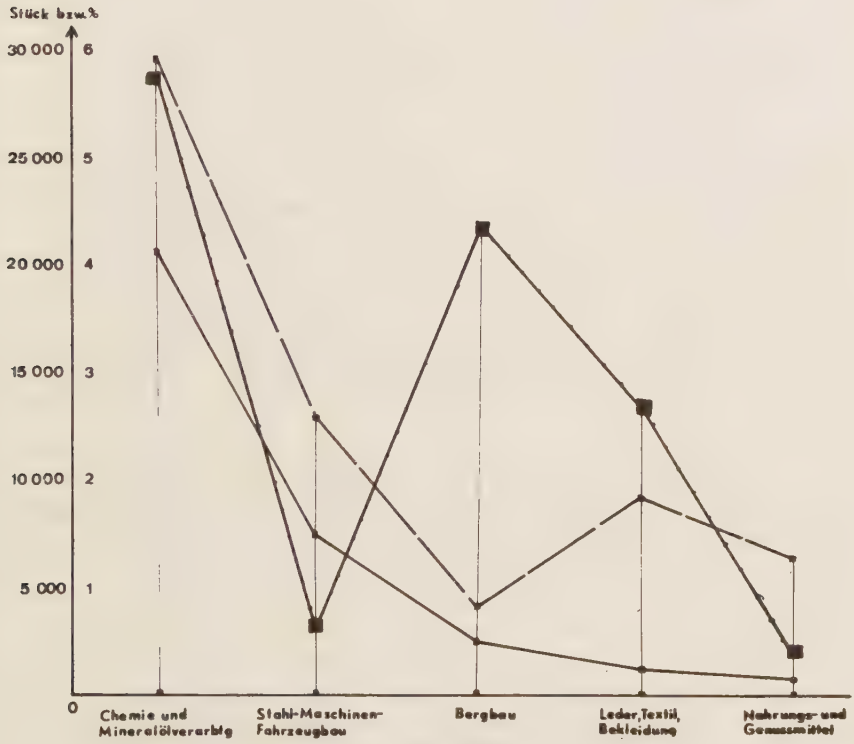
Wachstum des realen Bruttosozialproduktes je Erwerbstätigen von 1961 - 1966 in durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrat

---

1) Die Zahlen sind dem auf S. 95 erwähnten Aufsatz von F.J. Claus, S. 6, entnommen. Wir haben in Darstellung 17a entsprechend unserer Kritik (vgl. S. 95, Index 2), Veränderungen der Produktivität und nicht der Produktion sowie eine etwas sinnvollere Zeitfolge verwendet.

Darstellung 17 b

Forschungsaufwand, Patente und technischer Fortschritt in ausgewählten Wirtschaftsgruppen in der Bundesrepublik [1].



Erklärung:

——— Ausgaben für Forschung und Entwicklung im Verhältnis zum Nettoproduktionswert, errechnet für 1963.

– – – – Anzahl der erteilten Patente im Zeitraum 1950 - 1959.

—■— Jährliche durchschnittliche Wachstumsraten des realisierten technischen Fortschritts (CD-Funktion nach Solow) für den Zeitraum 1958 - 1965.

---

1) Vgl. den statistischen Anhang zu Darstellung 17 b auf der folgenden Seite.

Anhang zu Darstellung 17 b

Die Auswahl der Wirtschaftsgruppen orientierte sich an der Vergleichbarkeit des vorliegenden Materials.

Die Zahlen für Forschung und Entwicklung sind der Sammlung von E. Freund, Forschung, der dritte Faktor. Eine Analyse mit Zahlen und Vergleichen, a.a.O., S. 56, entnommen.

Sachlogisch wäre es sinnvoller, die Ausgaben für Forschung und Entwicklung eines früheren Zeitraumes (etwa 195o) zu verwenden. Es kann allerdings unterstellt werden, daß die beträchtlichen Unterschiede in den Ausgaben für Forschung und Entwicklung in den Wirtschaftsgruppen auch für einen Zeitraum vor 1963 in vergleichbaren Relationen bestanden haben, was für den hier angestellten Vergleich genügt.

Die Daten über das Wachstum des technischen Fortschritts sind das Ergebnis der bereits erwähnten Ifo-Studie (vgl. K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., Tabelle 1). Der Bergbau, der in der angeführten Untersuchung nicht enthalten ist, wurde entsprechend der von Oppenländer verwendeten Methode errechnet.

Die teils weniger aufgefächerten Wirtschaftsgruppen bei Freund machten eine Zusammenfassung einiger Ergebnisse des Ifo-Institutes erforderlich. Wir haben hierbei die Wachstumsraten des technischen Fortschritts der zu aggregierenden Wirtschaftsgruppen, entsprechend ihren absoluten Nettoproduktionswerten (für 1963) gewichtet.

Die Anzahl der erteilten Patente entstammt der Untersuchung von W.G. Hoffmann, Das Wachstum der Deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin, 1965, S. 269, Tabelle 45). (Die Wirtschaftsgruppe: Stahl - Maschinen - Fahrzeugbau musste mit den Patenterteilungen für Fahrzeuge aller Art, einschliesslich Dampfmaschinen, belegt werden).

II. 2. Realisierter technischer Fortschritt und Produktivitätsveränderung

Nachdem die herrschenden Messkonzepte für eine differenzierende Messung des technischen Fortschritts offensichtlich nicht bestimmt sind, wollen wir im folgenden prüfen, inwieweit sie zumindest zur Messung des realisierten technischen Fortschritts[1] geeignet sind.

Ausgangspunkt ist die Veränderung der Teil- oder Gesamtproduktivität. Substitution, returns to scale, Strukturveränderungen sowie Auslastungsschwankungen werden in der Regel als "störende" Einflussfaktoren der Veränderung der Produktivität betrachtet. Die theoretischen Beziehungen der genannten Grössen sind bereits behandelt[2]; hier wollen wir die Grundprobleme der Messung diskutieren.

II. 2. 1. Substitution

Die Trennung von Substitution und technischem Fortschritt nimmt auch in der empirischen Forschung

---

1) Wobei wir von einer Unterscheidung in innovation und diffusion of innovation absehen. (Vgl. Darst. 4, S. 2o).

2) Vgl. unsere Ausführungen auf S. 59 - 8o sowie die dort zitierte Literatur.

breiten Raum ein[1]. Konkret handelt es sich darum, Substitution und technischen Fortschritt, ausgedrückt als Veränderungen der Arbeitsproduktivität, getrennt zu erfassen.
Für die Überlegung, die Veränderung der Arbeitsproduktivität als Meßgröße des technischen Fortschritts zu verwenden, sind die hierbei erzielten Ergebnisse von Bedeutung.

Im Zentrum steht die von Solow modifizierte CD-Funktion,

---

1) G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 19o, S. 228.

R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 22.

Massell, Capital Formation and Technological Change in the United States Manufacturing, in: Review of Economics and Statistics, 196o, S. 182 ff.

K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland,a.a.O., S. 1o.

G.Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 142.

K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 617.

R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 316.

H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 1o5 ff.

die sich folgendermassen umformen lässt[1]:

$$(a) \quad \frac{\dot{O/A}}{O/A} = \frac{\dot{F}}{F} + n \cdot \frac{\dot{K/A}}{K/A}$$

Wertet man das Wachstum der gewichteten Kapitalintensität ($n \cdot \frac{\dot{K/A}}{K/A}$) als R i c h t g r ö s s e[2] für die Substitution, so lässt sich das Wachstum der Arbeitsproduktivität ($\frac{\dot{O/A}}{O/A}$) in eine Fortschritts- ($\frac{\dot{F}}{F}$) und in eine Substitutionskomponente ($n \cdot \frac{\dot{K/A}}{K/A}$) aufspalten. Gleichung (a) hat für die empirische Forschung den Vorteil, daß die

---

1) R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 313.

G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 226.

G. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 142.

H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 1oo ff.

Die Grössen von Gleichung (a) sind wie bisher (vgl. Darstellung 13 , S. 83)definiert.
$\dot{O/A}$:O/A als Wachstumsrate der Arbeitsproduktivität,
$\dot{F}/F$ = Wachstumsrate des technischen Fortschritts;
$n \cdot \dot{K/A} : K/A$ = Wachstumsrate der Kapitalintensität, gewichtet mit der Produktionselastizität (n) des Faktors Kapital.

2) Die Kapitalintensität (K/A) wird ja nicht nur von der Substitution, sondern auch von der speziellen Erscheinungsform des technischen Fortschritts beeinflusst. So hat z.B. ein arbeitssparender technischer Fortschritt, konstante Preise unterstellt, tendenziell dieselbe W i r k u n g auf die Kapitalintensität wie eine Substitution von Arbeit durch Kapital (vgl. Darstellung 11b auf S.66). Die Veränderung der Kapitalintensität ist, wenn überhaupt, nur unter der Hypothese neutralen technischen Fortschritts als Ausdruck der Substitution zu betrachten.
Generell ist natürlich der Einwand zu machen, daß Formel (a) von qualitativ konstanten Produktionsfaktoren ausgeht (vgl. S. 115/116 dieser Arbeit).

erforderlichen Daten relativ leicht erfassbar sind[1].

Die meisten Berechnungen[2] weisen nun den technischen Fortschritt ($\frac{\dot{F}}{F}$) als überwiegenden Bestimmungsfaktor der Veränderung der Arbeitsproduktivität aus. So wird in den angeführten empirischen Arbeiten das Wachstum der Arbeitsproduktivität zu 9o % aus dem technischen Fortschritt und

---

1) Zahlenreihen für die Grössen Arbeit (A), Kapital (K) und Output (Q) sind meist greifbar; womit allerdings nichts über die Qualität dieser Zahlen, speziell über die Daten für K, ausgesagt sein soll.

Um die Produktionselastizität des Kapitals (n) zu errechnen, wird die Hypothese gesetzt, daß die Produktionsfaktoren nach ihren Grenzerträgen entlohnt werden, sowie die Hypothese der constant returns to scale (m + n = 1).

Dadurch ergibt sich n als Einkommensanteil des Faktors Kapital (Hypothese der Entlohnung nach den Grenzerträgen), m als Einkommensanteil des Faktors Arbeit. Lohn- und Gehaltseinkommen und Nettoproduktionswert sind in der Regel den amtlichen Statistiken zu entnehmen; m errechnet sich dann als Lohn- und Gehaltssumme : Nettoproduktionswert; n als 1 - m (Hypothese der constant returns to scale).

2) R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 32o; Solow errechnet für die Vereinigten Staaten einen Anteil des technischen Fortschritts am Wachstum der Arbeitsproduktivität von 87,5 %. Dieser Anteil wird später (W.P. Hogan, Technical Progress and Production Functions, in: The Review of Economics and Statistics, 1958, S. 4o7 ff.), wegen eines "arithmetical slip" von Solow, auf 9o % korrigiert.

Ferguson kommt in seiner breiter angelegten Analyse sogar zu dem Ergebnis: "technical progress has accounted for more than 9o % of the encrease of output per man". C.E. Ferguson, Substitution, Technical Progress and Returns to Scale, American Economic Review, 1965, Vol. 55, S. 3o2.

Zum selben Ergebnis wie Solow kommen G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 19o und R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 21.

nur zu 1o % aus der Substitution erklärt[1].

Diese Ergebnisse scheinen ein vorzügliches Argument für die Arbeitsproduktivität, als Kennzahl des technischen Fortschritts, zu liefern[2]. Wenn die Grösse $n \cdot \frac{\dot{K}/A}{K/A}$ so relativ unbedeutend ist, können wir annäherungsweise gleich schreiben:

$$(b) \qquad \frac{\dot{Q}/A}{Q/A} = \frac{\dot{F}}{F}$$

Wir wären damit das ganze Problem der Messung des Kapitaleinsatzes losgeworden, ohne dafür einen allzu grossen Fehlerbereich einzuhandeln. Leider dürften die Ergebnisse von Solow, Massell, Bombach und Krengel keine Allgemeingültigkeit besitzen.
Unsere Skepsis beruht auf den jüngsten Berechnungen des

---

1) Der Grund, daß sich für die Substitution ein so geringer Einfluss auf die Veränderung der Arbeitsproduktivität errechnet liegt in dem kleinen Gewicht das der Produktionselastizität des Kapitals (n) gegeben wird. So bewegen sich Solows Werte für n im Zeitraum 19o9 - 1949 zwischen 0.312 und 0.397.
R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 315.

G. Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 228, gibt n = o.25 an, "ein Wert, zu dem die im Zusammenhang mit der Erforschung der Cobb-Douglas-Funktion durchgeführten Untersuchungen im Durchschnitt geführt haben."

2) Der Haupteinwand gegen die Arbeitsproduktivität war ja, daß auch die an sich produktivitätsneutrale Substitution von Arbeit durch Kapital eine Erhöhung der Arbeitsproduktivität mit sich bringt (vgl. S. 84 dieser Arbeit).

Ifo-Institutes[1] für den Zeitraum von 195o - 1965, nach denen Substitution ($n \cdot \frac{Q/A}{Q/A}$) und technischer Fortschritt (nahezu g l e i c h e r m a s s e n zum Wachstum der Arbeitsproduktivität beigetragen haben. In diesem Fall ist die Vereinfachung, wie wir sie anhand von Gleichung (b) verdeutlicht haben, nicht angebracht.

II.2. 2. Returns to scale

In unserer Abhandlung in Teil A haben wir die Ansicht vertreten, daß es increasing returns to scale nicht gibt bzw. daß der Sachverhalt, der mit diesem Begriff belegt wird, realisierten technischen Fortschritt bedeutet[2].

Unterstellen wir, der weiteren Argumentation willen, daß technischer Fortschritt und increasing (decreasing) returns to scale zu unterscheiden sind, so steht der Statistiker bei der Trennung beider Effekte vor einem Problem, "das mit der Quadratur des Kreises verglichen werden kann"[3].

---

1) K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., Tabelle 1 bzw. S. 11. Der Grund für das andersartige Ergebni der Berechnunge n des Ifo-Institutes liegt vor allem in der höheren Produktionselastizität (n) des Faktors Kapital; n ist hier im Durchschnitt von 27 Industriegruppen o,52 (für den Zeitraum vor 1958) und o,42 (für den Zeitraum nach 1958). (Diese Werte sind nicht direkt veröffentlicht, lassen sich jedoch mit Formel (a) aus den Zahlen in Tabelle der oben zitierten Schrift ableiten). Wir sind uns dessen bewusst, daß insbesondere Solow und Massell einen anderen Erhebungsbereich einfangen. Die gezeigten Differenzen in den Ergebnissen sind jedoch stark genug, um unsere Skepsis zu rechtfertigen.

2) Vgl. S. 69 - 73 dieser Arbeit.

3) F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 297, Index 78.

Die Messung des technischen Fortschritts setzt die Kenntnis über die Grösse der increasing (decreasing) returns to scale voraus, die Messung der increasing (decreasing) returns to scale eine Annahme über das Ausmaß des technischen Fortschritts[1]. Auf Grund dieses Sachverhalts hält es eine Reihe von Autoren nicht für möglich, technischen Fortschritt und increasing (decreasing) returns to scale zu trennen[2]. Da die

---

1) Anhand der CD-Funktion (vgl. S. 83 dieser Arbeit) lässt sich das angesprochene Problem folgendermassen verdeutlichen:
$\frac{\dot{Q}}{Q} = m \frac{\dot{A}}{A} + n \frac{\dot{K}}{K} + \frac{\dot{F}}{F}$. Der technische Fortschritt $(\frac{\dot{F}}{F})$ kann nur als Restgrösse bestimmt werden, wenn eine Annahme über die Summe von n + m (n + m = 1 bedeutet constant returns to scale) gemacht wird; je grösser diese Summe, desto kleiner wird ceteris paribus das Residuum und umgekehrt. (Vgl. hierzu S. 126, Darstellung 18, Verfahren IV und X dieser Arbeit). Dieses Problem ist nur durch Alternativannahmen oder durch Regressionsanalyse zu lösen, wobei die letztgenannte Methode auf Grund der vorhandenen Multikollinearität, wie Reuß formuliert, " statistisch unzuverlässig ist ". G. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 146.

2) Z.B.: J.W. Kendrick, Productivity Trends: Capital and Labor, a.a.O., S. 256.

G. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 145.

Ebenso F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 297.

H. Walter, Automation und technischer Fortschritt, a.a.O., S. 124.

Meinungen[1] über das Ausmass der increasing und decreasing returns to scale recht weit auseinandergehen, liegt es nahe, bei der Messung des technischen Fortschritts constant returns to scale zu unterstellen. "Once again I will follow

---

1) G.J. Stigler, Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, a.a.O., S. 63, "... that economies of scale are potentially of the same order of magnitude as technical progress." Seine Berechnungen (S. 63) mit 23 Industrien führten zu einem Wert von m + n = 1.27.

In einer sehr kritischen Analyse führt Copeland Stiglers Methode ad absurdum: "And since 0.396 is markedly less than 1, it clearly suggests decreasing rather than increasing returns to scale."
M.A. Copeland, Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961, S. 74.

R.K. Diwan, Alternative Specifications of Economies of Scale, a.a.O., S. 45o, kommt in einem Vergleich verschiedener Methoden zu einer Art Mittelwert von 1.3. "Dr. Kuhlo and Dr. Gehrig have estimated Cobb-Douglas type production functions, and the sum of the coefficients comes to 1.3. This result agrees closely with the present result. There is thus a growing evidence of economies of scale".
Diese "growing evidence" lässt sich nach Helmstädter allerdings im Wesentlichen auf eine fragwürdige Gebietsbereinigung von Gehrig und Kuhlo (in: Ifo-Studien, 7. Jahrgang, 1961) zurückführen.
Helmstädter, Steigende Skalenerträge der deutschen Wirtschaft, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 1963, 175. Band, S. 473 ff.

G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 331, wiederum weiß "aus zahlreichen Untersuchungen, daß die totale Produktionselastizität (m + n) nicht weit von Eins entfernt ist ...".
Auch nach K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., S. 8, hat es sich "gezeigt, daß die totale Produktionselastizität ... um eins verteilt ist."

Westerfield kommt in einer vergleichenden Analyse sogar zu dem Ergebnis: "And there are indications that the truth may lie on the side of decreasing returns."
F.M. Westerfield, Technical Progress and Returns to Scale, in: Review of Economics and Statistics, November 1966, S. 44o.

the dictates of custom and convenience and assume constant returns to scale"[1]. Dieses pragmatische Vorgehen führt dann zu demselben Ergebnis, das von unseren theoretischen Überlegungen her angebracht erscheint.

II. 2.3. Strukturveränderungen

Jeder realisierte technische Fortschritt hat eine Strukturveränderung zum Inhalt[2]. Eine Aufspaltung des technischen Fortschritts in Struktur- und Nicht-Struktureffekte, wie sie bei Krengel[3] und Rose[4] zu finden ist, halten wir für unzweckmässig. Ohne Zweifel kann die Messung von strukturellen Veränderungen a l l g e m e i n wertvolle Erkenntnisse liefern; dies ist jedoch nicht Thema unserer Arbeit, weshalb wir auf die Wiedergabe dieses Instrumentariums verzichten[5].

---

1) R.M. Solow, Investment and Technical Progress, a.a.O., S. 9o.
Ebenfalls mit constant returns to scale arbeiten:
G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung a.a.O., S.331.
K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., S. 8.

2) Vgl. S. 73 ff dieser Arbeit.

3) R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 22.

4) K. Rose, Produktivität, a.a.O., S. 617.

5) Eine sehr ausführliche Darstellung der Messmethoden findet sich z.B. bei F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 66 ff und G.E. Reuß, Produktivitätsanalyse, a.a.O., S. 121 ff.

II. 2.4. Auslastungsveränderungen

Die Produktionsfaktoren sollten nur insoweit in die Produktivitätsrelationen eingehen als sie tatsächlich zum Einsatz kommen. Da die Statistiken in der Regel auf Bestands- und nicht auf Strömungsgrössen aufbauen und meist nicht der gesamte Bestand der vorhandenen Produktionsfaktoren Verwendung findet, ist eine Auslastungsbereinigung erforderlich.
Von unserer eigenen Erhebungstätigkeit her können wir Bombach[1] voll zustimmen, wenn er meint, daß vor allem im short run die Berücksichtigung des Auslastungsgrades für Produktivitätsberechnungen die "conditio sine qua non" darstellt. Der Fehlerbereich einer unsachgemässen Auslastungsbereinigung ist kaum abzuschätzen[2].

In Bezug auf den Arbeitseinsatz bieten die Statistiken der Arbeitsämter in der Veränderung der Arbeitslosenquoten oder in direkten Messungen der geleisteten Arbeitsstunden hinreichendes Material. Die Schwierigkeit liegt vor allem in der Auslastungsbereinigung des Faktors Kapital.

---

1) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 337.

2) So ist in den Berechnungen von Krengel für die westdeutsche Industrie (1950 - 1957) der Wachstumseffekt, der von Veränderungen des Ausnutzungsgrades ausgeht, nahezu d r e i mal so stark wie der des technischen Fortschritts. Nach Krengel ist der um 102,6 % gestiegene Nettoproduktionswert im Zeitraum 1950 - 1957 zu 6,0 Punkten dem technischen Fortschritt, zu 16,9 Punkten der Zunahme der Kapazitätsausnutzung zuzurechnen. R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 18.

Eine äusserst simple Methode benutzt Kendrick[1], indem er die Bezugspunkte seiner Indexreihen auf Jahre mit einem relativ hohen Beschäftigungsgrad abstellt: "Our analysis of productivity trends is based largely on productivity estimates for 'key years' of relatively high-level economic activity in order to minimize the effect of changing rates of utilization of capacity."

Solow[2] hingegen schlägt vor, den Kapitalbestand anhand der Arbeitslosenquote zu bereinigen; eine Methode, die Bombach[3] für "keine besonders glückliche Lösung" hält, weil sich "der Arbeitseinsatz ... konjunkturellen Schwankungen leichter anpassen (lässt), als die Kapitalausrüstung".

Bombach bevorzugt ein von Krengel entwickeltes Konzept, das die Abweichungen des jeweiligen Kapitalkoeffizienten (Bruttoanlagevermögen : Nettoproduktionswert) vom niedrigsten

---

1) J.W. Kendrick, Productivity Trends in the United States, a.a.O., S. 12.

2) R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, S. 314.
Angenommen der Kapitalbestand beträgt DM 1oo Millionen, der Anteil der z. Zt. beschäftigten Arbeitskräfte an den insgesamt vorhandenen Arbeitskräften 9o %, so ist das auslastungsbereinigte Kapital DM 9o Millionen. Solows Index für den Betrachtungszeitraum 19o9 - 1949 schwankt zwischen 66,5 % und 98,4 %.

3) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 336.
Solow ist sich dieses Nachteils übrigens voll bewusst: "Lacking any reliable year-by-year measure of the utilization of capital I have simply reduced Goldsmith figures by the fraction of labor force unemployed in each year, thus assuming that labor and capital always suffer unemployment to the same percentage. This is undoubtedly wrong but probably gets closer to the truth than making no correction at all."
R.M. Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, S. 314.

Kapitalkoeffizient als durch Auslastungsschwankungen verursacht, erklärt[1]. Diese Methode ist nach Krengel[2] dann gerechtfertigt, wenn das damit erzielte Ergebnis "mit unserem sonstigen Wissen über die Entwicklung der Kapazitätsausnutzung gut übereinstimmt."

Diese Argumentation bleibt theoretisch unbefriedigend und wir halten Solows Methode, die für ihr Vorgehen eine sachbezogene Erklärung zum Inhalt hat, für besser[3]. Das Ver-

---

1) R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 12.
So beträgt der niedrigste Kapitalkoeffizient für die westdeutsche Industrie (im Zeitraum 1950 - 1957) 1.054. Dieser für 1955 errechnete Koeffizient wird konstant gehalten und z.B. dem Koeffizienten von 1950, der 1,344 beträgt, gegenübergestellt. Die Relation beider Koeffizienten (1.054 : 1,344) ergibt dann den Ausnutzungskoeffizient für das Jahr 1950, hier also 78,4 % (1,054 : 1,344 = 0,784). Mit diesem Ausnutzungskoeffizienten wird dann der Kapitalbestand von 1950 bereinigt.

Diese Methode wurde auch vom Ifo-Institut übernommen. K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., Tabelle 1 (Vgl. hierzu unsere Ausführungen im Anhang zu Darstellung 18, S. 131 ff).

Ebenso F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 66.

Krengel hat diese Methode inzwischen geändert. Nach der modifizierten Form geht Krengel nicht mehr vom konstant gehaltenen niedrigsten Kapitalkoeffizienten aus, sondern "ein langfristig steigender oder sinkender Kapitalkoeffizient (jeweils entsprechend dem Verlauf der Regressionsgeraden)" findet als Mittelwert Verwendung. Eine Begründung für dieses Verfahren liefert Krengel allerdings nicht, vermutlich sind die nach der ursprünglichen Methode errechneten Schwankungen des Ausnutzungsgrades zu gross geworden.
R. Krengel, Produktionsvolumen und Produktionsfaktoren im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, Statistische Kennziffern von 1950 - 1960, Berlin, 1964, S. 3.

2) R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 12.

3) In unseren Berechnungen für die verarbeitende Industrie in der Bundesrepublik Deutschland auf S. 126, Darstellung 18, ist der rechnerische Unterschied beider Verfahren jedoch gering.

fahren von Solow könnte verfeinert werden, wenn die Arbeitslosenquoten nicht pauschal, sondern für Industriegruppen und Industriezweige berechnet werden. Je weiter das statistische Material hier eine Disaggregation erlaubt, desto mehr wird der Substitutionsbereich zwischen Arbeit und Kapital eingeschränkt[1], desto enger ist somit die Relation zwischen unbeschäftigter Arbeitskraft und nicht ausgenütztem Kapital.

3. Das Qualitätsproblem

"Die Qualitätsveränderung macht das Wesen des technischen Fortschritts aus"[2]. Wir betrachten es daher als eine fundamentale Aufgabe jeglicher Messung des technischen Fortschritts, qualitative Veränderungen von Faktoreinsatz und Ertrag zu berücksichtigen.
"In all this problems most of the difficulties arise because of the e x t r e m e heterogenity of both inputs and outputs; a property which is n o t a c c i d e n t a l but b a s i c"[3]. Auf die wesentlichen Gesichtspunkte, die sich dabei ergeben, wollen wir jetzt näher eingehen.

---

1) Der theoretische Grenzfall limitationaler Produktionsbedingungen ist auf betriebswirtschaftlicher Ebene wohl am häufigsten anzutreffen.

2) Dies ist im Teil A einer der Kerngedanken unserer Abhandlung (vgl. S. 3o dieser Arbeit).

3) K.E. Boulding, Some Difficulties in the Concept of Economic Input, a.a.O., S. 331 (Hervorhebungen durch den Verfasser).

3. 1. Berücksichtigung der Qualitätsveränderung beim Input.

Wir benutzen im Weiteren eine Erkenntnis, die schlagwortartig mit dem Begriffspaar "human capital - physical capital" zu beleuchten ist. In Bezug auf die M e s s u n g lassen sich Arbeit und Kapital prinzipiell gleichartig behandeln[1].

Damit wollen wir keine Aussage über die unterschiedliche Bedeutung der beiden Produktionsfaktoren machen, wir stimmen hier Paulsen[2] zu: "human capital: it is a complement to real capital, but also and more importantly it is the intellectual pillar of the entire economic progress". Auch halten wir nach wie vor den Faktor Arbeit für leichter meßbar, weil das Mengengerüst (Anzahl der Arbeiter oder Arbeitsstunden bestimmter Qualität) homogener ist als beim Faktor Kapital.

---

1) E.D. Domar, Concepts of Real Capital, Stocks and Services: Comment, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961, S. 4o4.
"Labor also posesses longevity but not permanency, and is also subject to depreciation (also shown by the life cycle of earnings in various occupations) and retirement. The cost of its training, let alone of reproduction and upbringing also changes. The heterogeinity of labor is strikung it is also a source of further income."

Eckaus, Education and Economic Growth, in: Economics of Higher Education, Washington, 1962, a.a.O., S. 1o3, "... education is similar to the production of physical capital goods."

Ähnlich: H.J. Bodenhöfer, Bildungsinvestitionen, in: Politik in unserer Zeit, Heft 7, Stuttgart 1967, insbesondere S. 28 ff.

W. Krug, Quantiative Beziehungen zwischen materiallem und immateriellem Kapital", Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Heft 1, April 1967, S. 36 ff.

M.J. Bowman, Human Capital: Concepts and Measures, in: Economics of Higher Education, Washington, 1962, S. 72 ff.

2) A. Paulsen, Real Capital and Human Capital in Economic Development, in: The German Economic Review, 1966, Vol. 4, S. 283.

"Aggregate capital is even more difficult to measure than aggregate labor input. The composition and physical nature of capital changes constantly, and any measure of its aggregate becomes increasingly arbitrary as time goes on. How, for instance, can horses be compared with tractors, abacuses with IBM computers, cotton plants with nylon spinners?"[1].

Für die grundsätzlichen Probleme bei der Messung des technischen Fortschritts sind die angeführten Unterschiede zwischen Arbeit und Kapital jedoch zu vernachlässigen. Auf diese Weise können wir uns Wiederholungen ersparen und den Blick für die wesentlichen Fragestellungen schärfen.

Die vorgestellten Grundkonzepte zur Messung des technischen Fortschritts[2] lassen, mit Ausnahme der neuesten Entwicklung, der CD-Funktion nach Nelson (Denison/Solow), keine Berücksichtigung der Qualitätsveränderungen der Input-Faktoren erkennen. Formal unterscheiden sich die verwendeten Grössen (A bzw. K) innerhalb ihrer Faktorklasse (Arbeit oder Kapital) n u r durch die M e n g e. Bei Messungsversuchen ist allerdings auch hier, insbesondere beim Faktor Kapital,

---

1) K.E. Boulding, Some Difficulties in the Concept of Economic Input, a.a.O., S. 339.

Ebenso M.J. Bowman, Human Capital: Concepts and Measures , a.a.O., S. 79.

Ähnlich M.A. Copeland, Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, in: Studies in Income and Wealth, 1961, Vol. 25, insbesondere S. 71.

2) Vgl. Darstellung 13, S. 83 dieser Arbeit.

das Gewichtungsproblem nicht zu umgehen[1].

In der Formel von Nelson (Denison/Solow) hingegen ist das Qualitätsproblem in den Faktoren q_A und q_K e x p l i z i t e angesprochen. Wie Oppenländer[2] teils richtig ausführt, ist allerdings die "empirische Verifi-

---

1) Der Grund dafür ist die besonders grosse Heterogenität des Produktionsfaktors Kapital:"The basic fact is that capital in general has no physical units." R. and N. Ruggles, Concepts of Real Capital Stocks and Services, in: Studies in Income and Wealth, Vol, 25, 1961, S. 39o.

So rechnen Bombach, Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, a.a.O., S. 228, Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 1o, Kendrick, Productivity Trends in the United States, a.a.O., S. 34 ff und Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, a.a.O., S. 315, mit preisbereinigten W e r t e n bei der Erfassung des Kapitaleinsatzes (vgl. auch Darstellung 18, S. 126 dieser Arbeit).

Beim Produktionsfaktor Arbeit rettet man sich mit der Hypothese, Arbeitsstunde = Arbeitsstunde oder Beschäftigter = Beschäftigter, führt also eine reine M e n g e n betrachtur durch.

2) K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., S.7. Wir verwenden unsere Symbolik. Die Aussage von Oppenländer gilt bezüglich q_K: In Solows "vintage approach", in dem unterstellt wird, das jeweils neu errichtete Kapital sei effizienter als der bestehende Kapitalstock, wird der technische Fortschritt durch Alternativannahmen über die Steigerungsrate der Effizienz (z.B. 2 % oder 3 % jährlich) errechnet.

E.F. Denison, Education, Economic Growth and Gapes in Information, in: The Journal of Political Economy, Supplement, Oktober 1962, S. 124 ff, führt bei seiner Berücksichtigung der Qualitätsverbesserung des Faktors Arbeit (q_A) jedoch originäre Berechnungen durch.

Vgl. auch Darstellung 18, S. 126, Verfahren VII und VIII, wo wir ebenfalls tatsächliche Berechnungen des immateriellen Kapitals als Richtgrösse für q_A verwendet haben.

zierung dieser modifizierten Funktion ... bisher nur unvollkommen gelungen. Vor allem lassen sich q_A und q_K nur durch Alternativannahmen bestimmen, ein, vom empirisch-statistischen Standpunkt aus gesehen, sicher unbefriedigendes Vorgehen."
Deshalb halten wir es für wenig sinnvoll, nur an den von Denison und Solow vorgeschlagenen Kriterien festzuhalten. Wir betrachten die Grössen q_A und q_K als Art Erinnerungsposten, die mit dem jeweils besten vorhandenen statistischen Material auszufüllen sind. Zwei grundlegende Methoden wollen wir näher untersuchen.

3. 1. 1. Ertragsmethode

Mit der Ertragsmethode können wir unterschiedliche Faktorqualitäten anhand der erwarteten Erträge gewichten[1]. Die Schwierigkeit dieser Methode sehen wir nicht nur darin, die künftigen Erträge der Faktoren zu messen, hier könnte der gegenwärtige Zustand eine Basis für Schätzungen liefern; die Wahl des Kapitalisierungszinsfusses dagegen

---

1) z.B. G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 332.
Bombach spricht hier beim Faktor Kapital von einer Kapitalisierung der monetären Erträge.

H.J. Bodenhöfer, Bildungsinvestituionen, in: Politik in unserer Zeit, Heft 7, Stuttgart, 1967, insbesondere S. 3o, wendet dieses Verfahren auf den Faktor Arbeit an. Die erwarteten Erträge entsprechen in diesem Falle den künftigen Einkommen.

ist eine "arbitrary matter"[1].

Doch setzen wir einmal die Hypothese, wir hätten den "richtigen" Kapitalisierungszinsfuß, so lautet der Haupteinwand gegen die Ertragsmethode folgendermassen: "For if a unit of input is defined in terms of its contribution to production, then total input must move in proportion to total output, and the ratio between the two, productivity, can never change"[2].
Diese Feststellung ist richtig, etwas überstürzt erscheint

---

1) M.J. Bowman, Human Capital: Concepts and Measures, a.a.O., S. 76, "Choice of discount rate in measurement by base-year lifetime earned income is an arbitrary matter."

Ganz abgesehen von den praktischen Schwierigkeiten aus der Vielzahl der existierenden Zinssätze den richtigen auszuwählen, sind die theoretischen Probleme nicht zu übersehen. So schreibt J. Robinson, The Production Function and the Theory of Capital, a.a.O., S. 81: "When we know the future expected rate of output associated with a certain capital good, and expected future prices and costs, then if we are given a rate of interest, we can value the capital good as a discounted stream of future profit which it will earn. But to do so, we have to begin by taking the rate of interest as given ...". Wir bewegen uns mit anderen Worten im Kreise herum.

2) E.F. Denison, Measurement of Labour Input: Some Questions of Definition and the Adequacy of Data, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961, S. 35o.

Sinngemäss äussern sich u.a.:

K.E. Boulding, Some Difficulties in the Concept of Economic Input, a.a.O., S. 333;

G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 332;

Z. Griliches, An Appraisal of Long-Term Capital Estimates: Some Reference Notes, a.a.O., S. 446.

uns hingegen die Schlussfolgerung von Boulding[1]: "For the concept to be useful, it is necessary to differenciate between significant and nonsignificant input or output." Was man im Falle Bouldings letztlich misst, ist dann der "non significant input" und die Produktivität wird umso grösser je mehr input als "non significant" gilt.

Festzuhalten bleibt, daß die Ertragsmethode für Produktivitätsberechnungen eben ungeeignet ist. "Of course one must beware of measuring quality tautologically and assuming away the answer"[2].

3. 1.2. Die Kostenmethode

Die Kostenmethode läuft, im Gegensatz zur Ertragsmethode, nicht in die Gefahr des Zirkelschlusses und geniesst deshalb prinzipiell den Vorzug[3].

---

1) K.E. Boulding, Some Difficulties in the Concept of Economic Input, a.a.O., S. 333.

2) Z. Griliches, An Appraisal of Long-Term Capital Estimates: Some Reference Notes, a.a.O., S. 446.

Sinngemäss G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 332 oder

K.E. Boulding, Some Difficulties in the Concept of Economic Input, a.a.O., S. 333.

3) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 332, spricht hier von der "einzig befriedigenden Methode";

Schultz, Rise in the Capital Stock Represented by Education in the United States 1900 - 1957, a.a.O., S. 96, arbeitet bei der Gewichtung des Faktors Arbeit von vorneherein mit der Kostenmethode.(Vgl. Darstellung 18, S. 126 dieser Arbeit. Das immaterielle Kapital in Verfahren VII und VIII ist mit der Kostenmethode errechnet).

Allerdings sind auch hier die Schwierigkeiten gross. Unterschiedliche Faktorqualitäten müssen mit Preisen gewichtet werden, aber mit welchen Preisen? "Die Frage, welches ist das richtige, das gegebene Faktorpreissystem ... ist die Kernfrage jeglicher Produktivitätsmessung und ebenfalls der Messung des technischen Fortschritts"[1], oder wie Ruggles[2] konkret ausführt: "It is in arriving at appropriate price deflators that the most difficult conceptual problems of this method become apparent."

Eine Methode, wie sie die herrschende Definition des technischen Fortschritts vorschlägt, die Gewichtung mit Preisen der Basis oder Berichtsperiode, ist auf qualitativ gleichbleibende Faktoren zugeschnitten, was dem Sachverhalt des technischen Fortschritts eben nicht gerecht wird.[3]

---

1) F.H. Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, a.a.O., S. 61;

ebenso G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 333.

2) R. and N. Ruggles, Concepts of Real Capital Stocks and Services, a.a.O., S. 391.

3) Vgl. Darstellung 13, S. 83 dieser Arbeit, wo wir aus Gründen der Vereinfachung nur mit Basispreisen (l_o, r_o) gearbeitet haben. Aber selbst hier ergibt sich das Problem, welches Preissystem, das der Basis oder der Berichtsperiode, zu verwenden ist.

"This is unavoidable; any measure involving costs, or any measure involving savings of more than one factor, must include factor prices and since these change over time, index-number ambiguities are inevitable."
W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 31.

J.W. Kendrick, Productivity Trends in the United States, a.a.O., S. 1o, ringt sich hier zu folgender Lösung durch: "At best, one can compare the changes in aggregate output and input in two periods using prices of each as weights in order to bracket the range of uncertainty."

Bombach[1] spricht das Problem folgendermassen an: "Solange Bestandteile des Kapitalapparates - sagen wir: Maschinen bestimmten Types - im Zeitablauf technisch völlig unverändert bleiben und nur der Preis variiert, liegen die Dinge einfach. Nehmen wir aber den praktischen Fall an, wo Qualität (Leistungsfähigkeit im technischen Sinne) und Preis gleichzeitig steigen. Wieviel ist Qualitätsverbesserung, wieviel echter Preisanstieg?"
Allerdings kann Bombachs[2] Forderung nach Gleichgewichtspreisen keine Lösung bringen, da das Gleichgewichtskonzept und technischer Fortschritt sich definitionsgemäss ausschliessen[3]. Wir sehen, wie bereits in Teil A dargelegt,

---

1) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 333;

ebenso R. and N. Ruggles, Concepts of Real Capital Stocks and Services, a.a.O., S. 392, "The most ambiguous problem arises in a situation where changes in the design of a machine both reduce its costs and improve its functioning."

J. Robinson, The Production Function and the Theory of Capital, in: The Review of Economic Studies, 1953/1954, S. 247, würde allerdings Bombach auch in dem von ihm als "einfach" deklarierten Fall entgegenhalten, "that two exactly similar products of equipment may represent different quantities of accumulation."

2) G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 325;
"Allerdings muss der Aussagewert von Globalindices zweifelhaft sein, wenn die Faktorpreise keine Gleichgewichtspreise sind ...".
Diese Forderung ist auch insofern unverständlich, als im Gleichgewicht Ertrags- und Kostenmethode e x d e f i n i t i o n e zu demselben Ergebnis führen, nämlich zu der von Bombach als "sinnlos" bezeichneten Produktivität von 1 : 1. (Vgl. S. 119, Index 2 dieser Arbeit).

3) Vgl. auch S. 1 dieser Arbeit und die dort zitierte Literatur.

nur die Möglichkeit, die unterschiedlichen Faktorqualitäten anhand der herrschenden Preise zu gewichten. Dieses Vorgehen steht im Einklang mit der Relativität des Begriffes "technischer Fortschritt" und vermeidet eine mehr oder weniger willkürliche Preisbereinigung[1].

3. 2. Berücksichtigung der Qualitätsveränderungen beim Output

Sehen wir davon ab, daß für eine Reihe von "Produkten"[2]

---

1) Vgl. S. 34 dieser Arbeit. Zu diesem Ergebnis kommt auch Ruggles, Concepts of Real Capital Stocks and Services, a.a.O., S. 397, wobei wir allerdings nicht erkennen, inwieweit er unserer Argumentation zustimmt. "By studying current relationships, the difficult problem of price deflation could be avoided. Most dynamic problems concerning capital and capital formation, furthermore, can more usefully be cast in c u r r e n t than in c o n s t a n t prices, since it is the actual flows of income and values in the various periods which are related in time dimension. (Hervorhebungen durch den Verfasser).
(Vgl. S. 126 Darstellung 18, wo wir in Verfahren VI und VIII, soweit es die vorhandenen Statistiken erlaubten, eine nominelle Berechnung durchführten.

2) Wir denken hier an "Produkte", die keinen Marktpreis erzielen, also im Wesentlichen an staatliche Leistungen.

"Bei Bereichen, die heute einer Realberechnung des Output noch nicht zugänglich sind, müssen Produktivitätsberechnungen Versuche am untauglichen Objekt bleiben. Wenn wir beachten, welch hohen Anteil solche Bereiche am Sozialprodukt haben, so werden wir auch entsprechend vorsichtig bei der Interpretation einer gesamtwirtschaftlichen Produktivität sein G. Bombach, Probleme der Produktivitätsmessung, a.a.O., S. 33

Die von Kendrick und Kuznets praktizierte Methode der Bewertung der "cost of government activities as final output" impliziert eine Gesamtproduktivität von 1 : 1, eine wenig befriedigende Lösung des Problems; (vgl. S. 119 ff d. Arbeit). J.W. Kendrick, Productivity Trends in the United States, a.a.O., S. 25.

Das Verfahren von Fleck, Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozes a.a.O., S. 44, der versucht, zu retten was zu retten ist, erscheint uns günstiger: "Die verkauften Dienstleistungen des Staates, sowie die Leistungen der öffentlichen Verkehrsbetrie staatlicher Elektrizitätswerke und des Post, Telephon- und Telegraphenwesens können erfasst werden ..".

bisher kein praktikables Meßkonzept entwickelt werden konnte, stehen wir auch hier vor der Aufgabe unterschiedliche Qualitäten zu gewichten. Dieses Problem ist von f u n d a m e n t a l e r Bedeutung, da neue bzw. qualitativ veränderte Produkte als "one of the most important features of new technology[1]" anzusprechen sind.
Die vorgestellten Grundkonzepte zur Messung des technischen Fortschritts[2] hingegen, gehen in ihrer formalen Struktur von einem einheitlichen, qualitativ unveränderten Produkt Q aus; einem Produkt, das es nur in der volkswirtschaftlichen Theorie gibt. Die empirischen Messungen[3] basieren in der Regel noch auf dieser wirklichkeitsfremden Annahme, wenngleich versucht wird, durch Umbasierungen bzw. Erweiterungen des Warenkorbes dem Qualitätsproblem genüge zu tun.[4]

---

1) W.E.G. Salter, Productivity and Technical Change, a.a.O., S. 88;
vgl. S. 36 ff dieser Arbeit.

2) Vgl. Tabelle 13, S. 83;
formal lässt sich das angesprochene Problem anhand von Gleichung 2.3. verdeutlichen, indem man die linke Seite dieser Gleichung erweitert zu $\frac{\dot{Q}}{Q} + q_Q$. Wobei q_Q entsprechend q_A und q_K die Qualitätsveränderung beschreibt.

3) R. Krengel, Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, a.a.O., S. 19, "Der in den einzelnen Erzeugnissen enthaltene technische Fortschritt kann statistisch nicht ermittelt werden, da die Nettoproduktionswerte fast ausnahmslos mit reinen Mengen-Indices fortgeschrieben werden."

J.W. Kendrick, Productivity Trends: Capital and Labor, a.a.O., S. 249, (Hervorhebungen durch den Verfasser), "Output measures do not, of course, reflect improvements in the quality of given products. If the degree of quality change differs over time and between industries, then temporal and interindustry comparisons of output and productivity are affected in a possibly s e r i o u s way."

4) K. Horstmann, Qualitätsveränderungen und Preisindices, in: Wirtschaft und Statistik, 1963, Heft 1o, S. 594 - 599, der einige konkrete Beispiele bringt.

Die Schwierigkeiten und die Möglichkeiten einer Lösung sind hierbei im Grunde dieselben wie beim Faktoreinsatz. Die Ertrags- und die Kostenmethode lassen sich analog auf die Gewichtung des Outputs anwenden.

Die Kostenmethode bewertet unterschiedliche Produktqualitäten anhand der Kosten, die bei der Erzeugung dieser Produkte anfallen. Allerdings lässt sich hier mit umgekehrtem Vorzeichen derselbe Einwand nachen, den Denison[1] und andere bei der Ertragsmethode für die Input-Seite vorbrachten: "For if a unit of output is defined in terms of its cost of production, then total output must move in proportion to total input and the ratio between the two, productivity, can never change."

Entsprechend unseren Überlegungen im vorhergegangenen Kapitel schlagen wir deshalb eine Gewichtung unterschiedlicher Produktqualitäten anhand der herrschenden Preise vor[2].

---

1) E.F. Denison, Measurement of Labour Input: Some Questions of Definition and the Adequacy of Data, a.a.O., S. 350. Vgl. S. 118 dieser Arbeit.
Wir haben, um die Parallelität zu demonstrieren, in Denisons Formulierung "input" durch "output" und "output" durch "input" und "contribution to production" durch "cost of production" ersetzt.

2) Vgl. hierzu unsere Berechnung, Verfahren VI und VIII, in Darstellung 18, S. 126.

III. Aussagekraft von Berechnungen des technischen Fortschritts; verdeutlicht an einem Beispiel für die verarbeitende Industrie in der Bundesrepublik Deutschland.

Unsere bisherige Abhandlung hat gezeigt, daß die herrschenden Meßkonzepte nur auf den realisierten technischen Fortschritt zugeschnitten sind. Aber selbst für diesen Bereich gilt Bouldings[1] Formulierung: "However, the problems are very difficult, and the context very general." Die Entscheidung für das eine oder andere Meßverfahren hängt einmal von der Aussagekraft ab, die der Autor der verwendeten Methode zubilligt, zum andern aber auch vom vorhandenen statistischen Material. In der Regel werden sich, je nach den theoretischen Ansichten und dem Geschick, die statistischen Möglichkeiten auszuschöpfen, mehrere "technische Fortschritte" für denselben Erhebungsbereich errechnen lassen. Damit kommt einer Messung, die unterschiedliche Verfahren zur Anwendung bringt, besondere Bedeutung zu. Sie liefert eine ungefähre Vorstellung über den Fehlerbereich, mit dem zu rechnen ist, wenn man nur einem Ergebnis gegenübersteht.

In Darstellung 18 haben wir, anhand der verfügbaren Daten über die verarbeitende Industrie in der Bundesrepublik Deutschland, eine derartige Messung durchgeführt[2].

---

1) K.E. Boulding, Some Difficulties in the Concept of Economic Input, a.a.O., S. 34o.

2) Die Arbeitsproduktivität ist, um Darstellung 18 nicht zu überlasten, nicht mehr explizite aufgenommen worden. Allerdings lassen die unterschiedlichen Werte für Nettoproduktion und Faktor Arbeit erkennen, daß auch die Arbeitsproduktivität einen beträchtlichen Fehlerbereich mit sich bringt. Darüberhinaus gelten gegen die Arbeitsproduktivität die auf S. 84 bzw. S. 1o5/1o6 dargelegten Einwendungen.

arstellung 18

Die "technischen Fortschritte" in der verarbeitenden Industri
(errechnet in durchschnittlichen jährliche

Ver-fahren[2]	technische Fortschritte (errechnet nach CD[1])		Output			
	Absolut	Abweichung von Verfahren I (in %)	Nettoproduktion			A
			Preis-bereinigt	Nominell	Beschäf-tigte	Stunde
I	1.8	± o	1o.o		5.9	
II	2.4	+ 33	1o.o			4.6
III	2.5	+ 39	1o.o		5.9	
IV	o.9	- 5o	1o.o		5.9	
V	2.9	+ 61	1o.o		5.9	
VI	o.8	- 66		12.9		
VII	- 1.3	- 172	1o.o		5.9	
VIII	- 2.8	- 256		12.9		
IX	4.1	+ 128	1o.o			4.6
X	- 5.o	- 377	1o.o		5.9	

1) Vgl. Anhang zu Darstellung 18, S. 131 ff.

2) Vgl. Anhang zu Darstellung 18, S. 131 ff.

e in der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 195o bis 1958
n Veränderungen in Prozenten des Ausgangswertes)

Input									
beit			Kapital			Produktionselastizitäten der Faktoren:		
Löhne u. Gehälter nominell	Immaterielles Kapital		Bruttoanlagevermögen			Arbeit (m)	Kapital (n)	m + n
	Nom.	Preisb.	Nom.	Preis- u. auslastungsber. nach: Krengel	Solow			
				9.7		o.48	o.52	1.oo
				9.7		o.48	o.52	1.oo
					8,5	o.48	o.52	1.oo
				9.7		o.98	o.32	1.3o
				9.7		o.75	o.25	1.oo
13.o			1o.6			o.48	o.52	1.oo
	6.3			9.7		o.48	o.52	1.oo
13.o		7.4	1o.6			o.48	o.52	1.oo
					8.5	o.75	o.25	1.oo
	6.3			9.7		o.98	o.32	1.3o

Die verschiedenen Verfahren (I bis X) sind im Laufe unserer Arbeit vorgestellt und mit positiven oder negativen Urteilen belegt worden[1]. Von der Methode her würden w i r der nominellen Berechnung mit Einschluss des immateriellen Kapitals (Verfahren VIII) den höchsten Erklärungswert beimessen; die Unterstellungen, die dieses Ergebnis erhebungstechnisch erst ermöglichten, sind allerdings beträchtlich. Es ist jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht unsere Aufgabe, den technischen Fortschritt für die verarbeitende Industrie in der Bundesrepublik Deutschland zu errechnen. Darstellung 18 soll als Beispiel das anstehende Problem verdeutlichen; nicht mehr, aber auch nicht weniger.

Im allgemeinen werden für ein und denselben Erhebungsbereich nicht mehrere "technische Fortschritte" errechnet. Man entschliesst sich für eine bestimmte Methode, z.B. für das vom Ifo-Institut verwendete Verfahren I, dessen Vorzüge man bestrebt ist herauszustellen. Ergebnisse, die weit von den Erwartungen abweichen (z.B. die Berechnungen in Verfahren VII, VIII und X in Darstellung 18), werden kaum veröffentlicht. Der "Fehler" wird dann in der Methode gesucht und, bei den vielen Variablen, in der Regel auch gefunden. Befriedigt kann man schliesslich die Übereinstimmung seiner Berechnungen mit der Realität feststellen.

Das Ausmaß der voneinander abweichenden "technischen Fortschritte" zeigt aber die Dringlichkeit einer vergleichenden Messung. Wir sind davon überzeugt, daß die meisten der heute diskutierten Meßergebnisse des technischen Fortschritts viel von der ihnen beigemessenen Aussagekraft verlieren, wenn verschiedene Meßverfahren zu ihrer Berechnung in Ansatz gebracht werden.

---

[1] Vgl. die Hinweise im Anhang zu Darstellung 18 (S. 131 ff).

Als Resultat unserer Überlegungen möchten wir folgendes festhalten: Auf Grund der angeführten methodischen und erhebungstechnischen Probleme dürfte es sehr schwierig, wenn nicht unmöglich sein, mit den gegenwärtigen Instrumenten den Fehlerbereich einer bestimmten Messung des realisierten technischen Fortschritts in annehmbaren Grenzen zu halten; anders formuliert, die Ergebnisse der Berechnungen des technischen Fortschritts sind mit grösster Zurückhaltung zu interpretieren.

C Gesamtergebnis

Den Ausgangspunkt unserer Arbeit bildete die herrschende Definition des technischen Fortschritts, die Verschiebung der Produktionsfunktion und die Schaffung neuer Produkte.

Im Teil A konnten wir beweisen, daß diese Begriffsbildung sowie die Klassifikationen und Abgrenzungen, die aus ihr resultieren, dem zu beschreibenden Sachverhalt nicht gerecht werden. Vor allem die differenzierte Erscheinungsform des technischen Fortschritts (potentieller - realisierter technischer Fortschritt, usw.) und die qualitative Veränderung der Produktionsfaktoren und Produkte, die das Wesen des technischen Fortschritts ausmachen, finden keine Berücksichtigung.
Aus der Kritik dieses Tatbestandes heraus haben wir versucht, den technischen Fortschritt umfassend zu definieren; die Folgen, die sich dadurch für die Klassifikationen und Abgrenzungen zu verwandten Begriffen ergeben, wurden dargestellt.

Die Grundprobleme herauszuarbeiten, die einer Messung des technischen Fortschritts entgegenstehen, war unsere Aufgabe in Teil B.
Die herrschenden Meßkonzepte sind auf eine differenzierende Messung des technischen Fortschritts nicht zugeschnitten; selbst eine grobe Quantifizierung des realisierten technischen Fortschritts ist problematisch. Methodische und erhebungstechnische Schwierigkeiten lassen einen Fehlerbereich erwarten, der, zumindest im Beispiel der verarbeitenden Industrie der Bundesrepublik Deutschland, das erträgliche Ausmaß übersteigen dürfte.
Für die Messung des potentiellen technischen Fortschritts bieten sich die Patente an. Den Einwänden gegen dieses Verfahren ist letztlich nur mit dem Hinweis zu begegnen, daß keine andere Meßeinheit in Sicht ist.

Also ein durch und durch negatives Ergebnis? Eine Parallelerscheinung mag die Antwort hierauf verdeutlichen. Zahllosen Versuchen ist es bisher nicht gelungen, die Umlaufgeschwindigkeit des Geldes zu messen, trotzdem ist die Geldtheorie heute aussagekräftiger. So muss auch die Theorie des technischen Fortschritts nicht "ein Mischmasch von Vermutungen" bleiben; Voraussetzung dafür ist jedoch eine klare, differenzierte Erkenntnis dessen, was man messen w i l l und was man messen k a n n. Zu dieser Erkenntnis wollten wir einen Beitrag liefern.

Anhang zu Darstellung 18

1) Allgemeiner Rechengang

Der Rechengang sei beispielhaft anhand von Verfahren I wiedergegeben. Um Formel 2.2 auf S.83 direkt mit den Zahlen auszufüllen, wäre eine Differenzenbetrachtung erforderlich. Da allgemein nur mit durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten gearbeitet wird, also eine Differenzialbetrachtung vorliegt, ist folgendermassen zu verfahren: Die Wachstumsraten (von Q, m · A und n · K) sind um den Faktor 1oo zu erhöhen (z.B. für Q 11o.o anstelle von 1o.o), das Ergebnis ($\frac{\dot{F}}{F}$) um 1oo zu vermindern (anstelle von 1o1.8 also 1.8) und Additionen (Subtraktionen) durch Multiplikationen (Divisionen) zu ersetzen. /Anstelle der Multiplikationen (m · A und n · K) müsste streng genommen potenziert werden, die Veränderungen hieraus sind jedoch so geringfügig, daß generell davon abgesehen wird/.
Die Beweisführung für diese, rein rechentechnischen Überlegungen findet sich bei Kuhlo, Unterschiede in den definitorischen Zusammenhängen zwischen Wachstumsraten von Quotienten und Produkten bei Differenzen- und Differentialbetrachtung, Veröffentlichung des Ifo-Institutes, München, 196o, insbesondere S. 9.

Die Wachstumsrate des technischen Fortschritts ($\frac{\dot{F}}{F}$) von 1.8 in Verfahren I errechnet sich also wie folgt:
11o.o = 1o2.83 · 1o5.o4 · 1o1.8

Allerdings wäre, wie das folgende Resultat zeigt, bei den vorliegenden, relativ kleinen Raten eine (rechentechnisch fehlerhafte !) direkte Anwendung von Formel 2.2 nicht allzu tragisch:
1o.o = o.48 · 5.9 + o.52 · 9.7 + $\frac{\dot{F}}{F}$; wobei sich für $\frac{\dot{F}}{F}$ dann nicht 1.8 sondern 2.1 errechnet.
Um rasch einen Überblick zu gewinnen, ist diese vereinfachende Methode durchaus vertretbar.

2) Erläuterungen zu den einzelnen Verfahren

Quellen für das Zahlenmaterial:

R. Krengel, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Produktionsvolumen und Produktionsfaktoren der Industrie im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, Statistische Kennziffern 1950 bis 1960, Neuberechnung auf der Basis 1958, Berlin 1964;

K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O.;

Ifo-Wirtschaftsbilder, Ifo-Institut, München, Ausgaben 1956 und 1965;

W. Krug, Quantitative Beziehungen zwischen materiellem und immateriellem Kapital, a.a.O. ;

W.G. Hoffmann, Das Wachstum der Deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin, 1965;

Statistisches Bundesamt, Sondererhebungen, Brutto- und Nettoproduktionswerte der Industrie im Jahre 1950, Sonderheft 7, S. 10 - 12, bzw. Brutto- und Nettoproduktion 1954, Reihe 4, Heft 20, S. 16/17.

Verfahren I

Die Daten von Verfahren I sind, bis auf eine Abänderung, den Berechnungen des Ifo-Institutes entnommen. (K.H. Oppenländer, Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., Tabelle 1). Die Wachstumsrate der preisbereinigten Nettoproduktion (10.0 %) errechnet sich aus einem Ansteigen dieser Grösse von 46,4 Milliarden DM auf 99,5 Milliarden DM, die Wachstumsrate des Faktors Arbeit (5,9 %) aus einem Anstieg der Beschäftigten von 4.196 Tausend auf 6.616 Tausend, das Wachstum des Kapitaleinsatzes (9.7 %) aus einer Erhöhung des preis- und auslastungsbereinigten Bruttoanlagevermögens von 53.06 Millionen DM auf 110.8 Millionen DM, jeweils in Bezug auf den Betrachtungszeitraum (1950 - 1958). (Über die Berechnungen von m und n vergleiche unsere Ausführungen auf S. 104, Index 1 und S. 106, Index 1).

Sehen wir von den rein darstellerischen Unterschieden ab (Oppenländer geht von der Formel

$$\frac{\dot{Q}/A}{Q/A} = \frac{\dot{F}}{F} + n \cdot \frac{\dot{K}/A}{K/A}$$

aus, die jedoch, wie bereits auf S.103 hingewiesen, lediglich eine andere Schreibweise von Solows Gleichung bedeutet) erschien uns die folgende Berichtigung angebracht:

Oppenländer betreibt die Auslastungsbereinigung des Faktors Kapital in wenig überzeugender Weise. Er geht, anders als wir, vom n i c h t auslastungsbereinigten Kapitalwachstum aus, weil er den Auslastungseffekt gesondert erfassen will. In diesem Falle ist jedoch die Ausnutzungsveränderung mit der Produktionselastizität des Kapitals (hier n = o.52) zu gewichten. Da Oppenländer dies unterlässt, ist sein Ausnutzungseffekt zu hoch angesetzt, was zur Folge hat, daß die Restkomponente, der technische Fortschritt, mit 1.2 % zu niedrig ausgewiesen wird.

Die Gewichtung ist erforderlich, weil die Indexreihen für die Kapazitätsbereinigung so konstruiert sind, daß ihre Anwendung auf die nicht-auslastungsbereinigte Kapitalreihe die auslastungsbereinigte Kapitalreihe ergibt, die - eingesetzt in die CD-Funktion von Solow - mit der Produktionselastizität (n) gewichtet wird. Dies bedeutet aber, daß im Falle eines gesonderten Ausweises des Auslastungseffektes ebenfalls die Gewichtung mit n erforderlich ist.

Vereinfacht dargestellt:

K'- α = K", wobei K' das nichtausgelastete, K" das ausgelastete Kapital und α den Auslastungseffekt beschreiben. Dann gilt: n(K'- α) = nK"; oder: nK' - n α = nK"; d.h. die Auslastung (α) ist ebenfalls mit n zu gewichten, wenn man, wie Oppenländer, von der nicht-auslastungsbereinigten Reihe (K') ausgeht.

Verfahren II

Hier sind wir, im Unterschied zu Verfahren I, von den geleisteten Stunden ausgegangen. Da die geleisteten Angestelltenstunden nicht erhoben werden, setzten wir die Hypothese: Arbeiter : Arbeiterstunden = Angestellte : Angestelltenstunden. Zahlenreihen für Arbeiter, Arbeiterstunden und Angestellte sind vorhanden, (R. Krengel, Produktionsvolumen und Produktionsfaktoren der Industrie im Gebiete der Bundesrepublik Deutschland, Statistische Kennziffern 195o bis 196o; Neuberechnung auf der Basis 1958, a.a.O.), womit sich die Angestelltenstunden und damit die Beschäftigtenstunden insgesamt errechnen lassen.
Die Beschäftigtenstunden stiegen demnach im Betrachtungszeitraum von 9.621 Milliarden auf 13.812 Milliarden, also um 43,6 % oder 4,6 % jährlich.

Verfahren III

Verfahren III unterscheidet sich von I nur durch eine andere Auslastungsbereinigung. Anstelle der modifizierten Methode von Krengel fand das Verfahren von Solow Anwendung (vgl. S.111 dieser Arbeit). Der Kapitalstock wurde also mit den Arbeitslosenquoten bereinigt. Allerdings waren nur Daten für die Bundesrepublik insgesamt verfügbar. Die Arbeitslosenquoten sind der Ifo-Reihe "Wirtschaftsbilder", Ausgaben 1956 bzw. 1965, entnommen. Für 1950 ergibt sich eine Arbeitslosenquote von 8.2 %, für 1958 von 1.7 % und folglich ein Anstieg des auslastungsbereinigten Bruttoanlagevermögens von 63,8 Millionen DM auf 122.5 Millionen DM oder um 8,5 % im Jahresdurchschnitt.

Verfahren IV

Verfahren IV geht im Gegensatz zu Methode I von increasing returns to scale aus, wobei wir den häufig verwendeten Wert von 1.3 angesetzt haben. (Vgl. hierzu unsere Ausführungen auf S. 108 insbesondere Index 1). Die Elastizitäten (m : n) wurden im Hinblick auf die Überlegungen von Bombach im Verhältnis (3 : 1) gewählt.

Verfahren V

Der Unterschied zu Verfahren I liegt darin, daß wir die Produktionselastizitäten (m, n) entsprechend den Überlegungen von Bombach mit o.75 bzw. o.25 gewählt haben (vgl. S. 105 insbesondere Index 1 dieser Arbeit).

Verfahren VI

Hier haben wir versucht, im Einklang mit unseren theoretischen Überlegungen, eine nominelle Betrachtungsweise durchzuführen.

Der Nettoproduktionswert wird in der Bundesrepublik durch ein Fortschreibeverfahren mithilfe von Mengenindices auf der Preisbasis von 1958 ermittelt (vgl. S. 123,Index 3, dieser Arbeit). Eine nominelle Reihe für die Entwicklung des Nettoproduktionswertes musste deshalb erst konstruiert werden. Wir sind von den nominellen Umsätzen für die Jahre 1950 (75.558 Millionen DM) und 1958 (195.493 Millionen DM) ausgegangen und haben die Nettoquote (Umsatz abzüglich

Materialeinsatz) entsprechend den Sondererhebungen des Statistischen Bundesamtes (Brutto- und Nettoproduktionswerte der Industrie im Jahre 1950, Sonderheft 7, S. 10 - 12, bzw. Brutto- und Nettoproduktion 1954, Reihe 4, Heft 20, S. 16/17) angesetzt. Danach ergab sich für 1950 eine Nettoquote von 45,9 %, für 1958 mussten wir die Nettoquote aus der letzten Erhebung (1954) von 46,8 % verwenden. Der so errechnete nominelle Nettoproduktionswert stieg im Betrachtungszeitraum von 34.681 Millionen DM auf 91.490 Millionen DM, also um 164 % oder 12,9 % im Jahresdurchschnitt.

Das nicht-preisbereinigte Wachstum der Lohn- und Gehaltssumme wird bei Krengel, Produktionsvolumen und Produktionsfaktoren der Industrie im Gebiete der Bundesrepublik Deutschland, a.a.O., ausgewiesen; die Lohn- und Gehaltssumme stieg von 12.9 Milliarden DM auf 34.6 Milliarden DM (13.0 % im Jahresdurchschnitt).

Die nominelle Reihe für das Bruttoanlagevermögen haben wir den Berechnungen von W.G. Hoffmann, Das Wachstum der Deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin, 1965, entnommen. So stieg der nominelle Wert des investierten Kapitals von 147,4 Milliarden DM im Jahre 1950 auf 329,7 Milliarden DM im Jahre 1958, also um 123,7 % oder 10,6 % jährlich. Hoffmann spricht zwar nicht, wie wir, von "verarbeitender Industrie", sondern von "Gewerbe"; seine preisbereinigte Reihe für das Kapitalwachstum des "Gewerbes" deckt sich jedoch nahezu mit der preisbereinigten Reihe der "verarbeitenden Industrie" bei Krengel.

Verfahren VII

In Verfahren VII konnten wir die neuesten Ergebnisse von W. Krug, Quantitative Beziehungen zwischen materiellem und immateriellem Kapital, a.a.O., insbesondere S. 58, Tabelle 6, verwerten.
Diese Methode unterscheidet sich von Verfahren I, indem die qualitativen Verbesserungen des Faktors Arbeit (q_A in Darstellung 13, S. 83 dieser Arbeit) in Form des "immateriellen Kapitals" Berücksichtigung finden. Die Zahlen von Krug beziehen sich allerdings auf die Bundesrepublik insgesamt, weshalb eine Bereinigung erforderlich war. Wir haben die Relation - materielles Kapital in der Bundesrepublik insgesamt : materielles Kapital verarbeitende Industrie - auch für das immaterielle Kapital angesetzt. Danach ist der Anteil des immateriellen Kapitals der verarbeitenden Industrie am gesamten immateriellen Kapital 40 % im Jahre 1950 und 49 % im Jahre 1958. Auf diese Weise errechnet sich ein Wachstum des preisbereinigten, immateriellen Kapitals von 26,0 Milliarden DM auf 42,4 Milliarden DM, also eine Steigerung um 63 % (6,3 % im Jahresdurchschnitt).

Verfahren VIII

Wir haben hier, wie bereits in Verfahren VII, das immaterielle Kapital mit berücksichtigt, im Unterschied zu VII wurde jedoch von den nominellen Werten ausgegangen. Das immaterielle Kapital stieg im Betrachtungszeitraum in der Bundesrepublik Deutschland nach den Berechnungen von Krug von 131.83 Milliarden DM auf 196.72 Milliarden DM, gemessen zu laufenden Preisen. Der weitere Rechengang ergibt sich dann analog zu den Ausführungen in Verfahren VII.

Verfahren IX und X

In Verfahren IX und X haben wir beispielhaft zwei der möglichen Kombinationsfälle der vorhergehenden Methoden zusammengestellt, wobei wir die nominellen Berechnungen ausser Acht liessen. In IX finden die Zahlen Verwendung, welche den errechneten technischen Fortschritt positiv zu beeinflussen tendieren, in X sind wir von den Daten mit umgekehrter Wirkung ausgegangen. Der Rechengang ist aus den Verfahren I - VIII ohne weiteres ersichtlich.

Literaturverzeichnis:

Amonn A.	Ricardo David, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 9, 1956
Bayer A.G.	Geschäftsbericht für das Jahr 1965, Leverkusen
Bodenhöfer H.J.	Bildungsinvestitionen, in: Politik in unserer Zeit, Heft 7, Stuttgart, 1967
Boff du	Electrification and Capital Productivity. A Suggested Approach, in: Review of Economics and Statistics, 1966
Bombach G.	Quantitative und monetäre Aspekte des Wirtschaftswachstums, in: Sonderdruck aus Schriften des Vereins für Sozialpolitik, Neue Folge, Band 15, Berlin, 1959
	Probleme der Produktivitätsmessung, in: Konjunkturpolitik, 1959
	Wirtschaftswachstum, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 12, 1965
Boon	Contribution to Economic Analysis, Amsterdam, 1964
Boulding K.E.	Some Difficulties in the Concept of Economic Input, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961
Bowman M.J.	Human Capital: Concepts and Measures, in: Economics of Higher Education, Washington, 1962
Brown, Murray and Joel Popkin	A Measure of Technological Change and Increasing Returns to Scale, in: Review of Economics and Statistics, 1962
Claus F.J.	Forschungsaufwand, technischer Fortschritt und Produktivitätsfortschritt im internationalen Vergleich, in: Ifo-Schnelldienst, 7. April 1967, Heft 14
Copeland M.A.	Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961

Creamer D.	An Appraisal of Long-Term Capital Estimates: Some Reference Notes, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961
Debreu G.	Numerical Representations of Technological Change, in: Metroeconomica, Vol. VI, 1954
Denison E.F.	Measurement of Labour Input: Some Questions of Definition and the Adequacy of Data, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961
	Education, Economic Growth and Gapes in Information, in: The Journal of Political Economy, Supplement, Oktober 1962
	The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us, in: Committee for Economic Development, Supplementary Paper, No. 13, New York, 1962
Diwan R.K.	Alternative Specifications of Economies of Scale, in: Economica, 1966
Domar, E.D.	Concepts of Real Capital, Stocks and Services, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961
Dorfman K.	Mathematical or "Linear" Programming: A Nonmathematical Exposition, in: American Economical Review, Vol. 43, 1953
Eckaus R.S.	Education and Economic Growth, in: Economics of Higher Education, Washington, 1962
Fabricant S.	Productivity Trends in the USA, Princeton, 1961
Ferguson	Substitution, Technical Progress and Returns to Scale, in: American Economic Review, Vol. 55, 1965
Fleck F.H.	Die Messung des technischen Fortschritts innerhalb des gesamtwirtschaftlichen Wachstumsprozesses, in: Zeitschrift für Nationalökonomie, Band 25, 1965
Freund E.	Forschung der Dritte Faktor. Eine Analyse mit Zahlen und Vergleichen, Mainz, 1966

Gehrig G. und Kuhlo K. Ch.	Bestimmungsfaktoren der deutschen Produktion. Eine ökonometrische Zeitreihenanalyse, in: Ifo-Studien, 7. Jahrgang, 1961
Grayson H.	Price Theory in a Changing Economy, New York, 1964
Griliches Z.	An Appraisal of Long-Term Capital Estimates: Some Reference Notes, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961
Gutenberg E.	Die Produktion, Berlin, 1965, 11. Auflage
	Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Wiesbaden, 1958
Hahn and Mattews	Surveys of Economic Theory, Vol. II, New York, 1966
Harrod R.F.	Towards a Dynamic Economics, London, 1948
Helmstädter	Steigende Skalenerträge der deutschen Wirtschaft, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 175. Band, 1963
	Die Isoquanten gesamtwirtschaftlicher Produktionsfunktionen mit konstanter Substitutionselastizität, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 176. Band, 1964
Hicks	The Theory of Wages, London, 1932
Hoffmann W.G.	Expenditure on Education and Research in the Process of Economic Growth, in: The German Economic Review, Vol. 2, 1964
	Das Wachstum der Deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts, Berlin, 1965
Hogan W.P.	Technical Progress and Production Function, in: The Review of Economics and Statistics, 1958
Horstmann K.	Qualitätsveränderungen und Preisindices, in: Wirtschaft und Statistik, Heft 10, 1963

Houlton R. — The Process of Innovation: Magnetic Recording and the Broadcasting Industry in the USA, in: Bulletin, Oxford University Institute of Economics and Statistics, No. 1, Vol. 29, February 1967

Intriligator M.D. — Embodied Technical Change and Productivity in the United States 1929 - 1958, in: The Review of Economics and Statistics, 1965

Jaszi G. — Am Improved Way of Measuring Quality Change, in: The Review of Economics and Statistics, 1962

Kaldor N. — A Model of Economic Growth, in: Economic Journal, Vol, 68, 1957

Kendrick J.W. — Productivity Trends in the United States, Princeton, 1961

Productivity Trends: Capital and Labor, in: The Review of Economics and Statistics, 1956

Kennedy Ch. — Technical Progress and Investment, in: The Economic Journal, 1962

Krengel R. — Wachstumskomponenten der westdeutschen Industrie. Ein Quantifizierungsversuch, in: Konjunkturpolitik, 1959

Produktionsvolumen und Produktionsfaktoren im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Statistische Kennziffern 195o - 196o, Neuberechnung auf der Basis 1958, Berlin, 1964

Möglichkeiten und Grenzen der Messung des technischen Fortschritts, in: Die Statistik in der Wirtschaftsforschung, Berlin, 1967

Krelle W. — Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung, einschliesslich input-output-Analysen, mit Zahlen für die Bundesrepublik Deutschland, Berlin, 1959

Preistheorie, Tübingen, 1961

Krieghoff H.	Technischer Fortschritt und Produktivitätssteigerung, Berlin, 1958
Krug W.	Erfassung des durch Ausbildung entgangenen Einkommens, in: Schmollers Jahrbuch, Band II, 1966
	Quantitative Beziehungen zwischen materiellem und immateriellem Kapital, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Heft 1, 1967
Kuhlo K. Ch.	Unterschiede in den definitorischen Zusammenhängen zwischen Wachstumsraten von Quotienten und Produkten bei Differenzen- und Differenzialbetrachtung, Veröffentlichung des Ifo-Institutes, München, 1960
Lassmann G.	Die Produktionsfunktion und ihre Bedeutung für die betriebswirtschaftliche Kostentheorie, Köln, 1958
Lorenz D.	Über einige Beziehungen zwischen technischem Fortschritt, Aussenhandel und Wachstum, in: Schmollers Jahrbuch, 86. Jahrgang, II. Halbband, 1966
Maclaurin W.R.	The Sequence from Invention to Innovation and its Relation to Economic Growth, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 67, 1953
Mahr W.	Einführung in die Allgemeine Volkswirtschaftslehre, Wiesbaden, 1966
Mansfield E.	Industrial Research and Development Expenditures, Determinants, Prospects and Relations to Size of Firm and Inventive Output, in: The Journal of Political Economy, Number 4, 1964
Massell	Capital Formation and Technological Change in the United States Manufacturing, in: The Review of Economics and Statistics, 1960
McCarthy, Michael D.	Embodied and Disembodied Technical Progress in the Constant Elasticity of Substitution Production Function, in: The Review of Economics and Statistics, 1965

Möller W.	Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, in: Wirtschaftswachstum, Berlin, 1964
Nelson R.R.	Aggregate Production Functions and Medium-Range Growth Projections, in: American Economic Review, Vol. 54, 1964
	The CES-Production Function and Economic Growth Projections, in: The Review of Economics and Statistics, 1965
Niehaus J.	Das ökonomische Problem des technischen Fortschritts, in: Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, Jahrgang 9o, 1954
OECD	Productivity Measurement, Volume III, Paris, 1966
Oppenländer, Hatzold, Schworm	Forschung und Wirtschaftswachstum, (Verbreitung der numerischen Maschinensteuerung und Auswirkungen der Verwendung von Kunststoffen in der Bundesrepublik Deutschland; erstellt im Auftrag der Hohen Behörde), Ifo-Institut, München, Mai 1967
Oppenländer K.H.	Zur Messung des technischen Fortschritts in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland, in: Ifo-Merkblatt I/1, München, 1967
Ott A.E.	Technischer Fortschritt, in: Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 1o, 1959
Paulsen A.	Real Capital and Human Capital in Economic Development, in: The German Economic Review, Vol. 4, 1966
Preiser E.	Der Kapitalbegriff in der neueren Theorie, in: Bildung und Verteilung des Volkseinkommens, Göttingen, 1957
Rose K.	Produktivität, Handwörterbuch der Sozialwissenschaften, Band 8, 1964
Renshaw R.F.	Estimating the Returns of Education, in: The Review of Economics and Statistics, 196o

Reuß G.E. Produktivitätsanalyse, Tübingen, 1960

Riese H.J. Die Entwicklung des Bedarfs an Hochschulabsolventen in der Bundesrepublik Deutschland, Wiesbaden, 1967

Robinson J. The Rate of Interest and Other Essays, London, 1952

The Production Function and the Theory of Capital, in: The Review of Economic Studies, 1953/54

Die Akkumulation des Kapitals, Wien, 1958

Ruggles R.and N. Concepts of Real Capital Stocks and Services, in: Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961

Ruttan, Vernon W. Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technological Change, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 73, 1959

Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technological Change: Reply, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 75, 1961

Salter W.E.G. Productivity and Technical Change, Cambridge, 1960

Samuelson P.A. Parable and Realism in Capital Theory: The Surrogate Production Function, in: The Review of Economic Studies, Vol. 29, 1962

Solow R.M. The Production Function and the Theory of Capital, in: The Review of Economic Studies, 1953/1954

Solow R.M. Technical Change and The Aggregate Production Function, in: The Review of Economics and Statistics, 1957

Investment and Technical Progress, in: Mathematical Methods in the Social Science 1959, Stanford, 1960

Solow R.M.	Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, in: Studies in Income and Wealth, Vol., 25, 1961
	Technical Progress, Capital Formation and Economic Growth, in: The American Economic Review, Papers and Proceedings, 52, 1962
	Substitution and Fixed Proportions in the Theory of Capital, in: The Review of Economic Studies, Vol. 29, 1962
Schätzle G.	Technischer Fortschritt und Produktionsfunktion, in: Produktionstheorie und Produktionsplanung, Köln, 1966
Schmookler J.	Technological Change and Economic Theory, in: AmericanEconomic Review, Vol. 55, 1965
	Invention and Economic Growth, Cambridge, 1966
Schneider E.	Einführung in die Wirtschaftstheorie, Teil 2, 6. Auflage, Tübingen, 1958
Schumpeter J.A.	Business Cycles, First Edition, London, 1939
Schultz T.W.	Capital Formation by Education, in: The Journal of Political Economy, Vol. 68, 196o
	Reflections on Investment in Man, in: The Journal of Political Economy, Vol., 76, 1962
	Rise in the Capital Stock Represented by Education in the United States 19oo - 1957, in: Economics of Higher Education, Washington, 1962
	The Economic Value of Education, New York, 1963
Schweitzer P. R.	Usher and Schumpeter on Invention, Innovation and Technical Change: A Comment, in: Quarterly Journal of Economics, Vol. 75 1961

Stigler G.J. The Theory of Price, 2. Auflage, New York, 1953

Economic Problems in Measuring Changes in Productivity, Studies in Income and Wealth, Vol. 25, 1961

Tinbergen J. Zur Theorie der langfristigen Wirtschaftsentwicklung, in: Weltwirtschaftliches Archiv, 55, 1942

Waffenschmidt S. Graphisch anschauliche Einführung in die Volkswirtschaftslehre, 2. Auflage, Meisenheim, 1963

Walter H. Automation und technischer Fortschritt, Dissertation, Köln, 1962

Technischer Fortschritt und Faktorsubstitution, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, 1963

Westerfield F.M. Technical Progress and Returns to Scale, in: The Review of Economics and Statistics, 1966

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

München, den 19. September 1967

Johann Schmid

Lebenslauf

Ich wurde am 19. 2. 1940 in München geboren.
Nach einem üblichen Schulweg, Volksschule, Gymnasium und Universität, konnte ich am 28. Juni 1965 nach neun Semestern, die Diplomprüfung für Volkswirte an der Universität München ablegen.

Als besondere Ereignisse während dieser Zeit sind meine Heirat im Oktober 1964 und mein Aufenthalt in England zu erwähnen. Ich habe nach dem zweiten Semester mein Studium an der Universität München unterbrochen und mich als ordentlicher Studierender für zwei englische Semester an der Universität in Bristol immatrikuliert. Anschliessend kehrte ich wieder nach München zurück.

Seit dem Examen arbeite ich im Ifo-Institut in München an einer interdisziplinären Studie mit, die sich mit den ökonomischen, technischen und sozialen Problemen des technischen Fortschritts befasst.